



STUK-B 146 / KESÄKUU 2012

Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta

Vuosiraportti 2011

Erkki Rantanen (toim.)

Tämän raportin laadintaan ovat osallistuneet

Riina Alén

Ritva Bly

Elina Hallinen

Ritva Havukainen

Santtu Hellstén

Hannu Järvinen

Sampsa Kaijaluoto

Markus Kangasniemi

Eero Kettunen

Helinä Korpela

Atte Lajunen

Maaret Lehtinen

Jyri Lehto

Katja Merimaa

Eero Oksanen

Riikka Pastila

Teemu Siiskonen

Petri Sipilä

Petri Smolander

Petra Tenkanen-Rautakoski

Raimo Turkka

Eija Venelampi

Reijo Visuri

ISBN 978-952-478-715-4 (nid.) Edita Prima Oy, Helsinki 2012

ISBN 978-952-478-716-1 (pdf)

ISSN 0781-1713

RANTANEN Erkki (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2011. STUK-B 146. Helsinki 2012. 36 s. + liitteet 14 s.

Avainsanat: säteilyn käyttö, säteilytoiminta, turvallisuuslupa, luvasta vapautettu toiminta, säteilyn käytön tarkastukset, säteilylähteet, radioaktiiviset aineet, radioaktiiviset jätteet, työntekijöiden säteilyannokset, luonnonsäteily, ionisoimaton säteily, mittanormaalit, säännöstötyö, tutkimus, kotimainen ja kansainvälinen yhteistyö, viestintä, palvelut, poikkeavat tapahtumat

Tiivistelmä

Vuoden 2011 lopussa säteilyn käyttöä varten oli voimassa 1 791 turvallisuuslupaa. Luvasta vapautettua, mutta ilmoitusvelvollisuuden alaista hammasröntgentoimintaa harjoitti 1 702 toiminnan harjoittajaa. Säteilyn käyttöä valvottiin käyttöpaikkoihin tehdyillä säännöllisillä tarkastuksilla, hammasröntgentoimipaikkoihin postitse lähetetyillä testipaketeilla ja annosrekisterin ylläpidolla. Lisäksi julkaistiin säteilyturvallisuusohjeita ja tehtiin valvontaa tukevaa tutkimusta.

Vuonna 2011 STUK teki 575 turvallisuuslupan alaisen toiminnan tarkastusta. Korjausmääräyksiä ja -suosituksia annettiin tarkastuksissa 633 kappaletta.

Annostarkkailussa oli vuonna 2011 yhteensä lähes 11 700 säteilytyötä tekevää työntekijää. Annoskirjauksia tehtiin STUKin ylläpitämään rekisteriin noin 143 000 kappaletta.

Luonnonsäteilyn valvonnassa keskityttiin työpaikkojen radonin valvontaan ja avaruussäteilystä lentohenkilöstölle aiheutuvan altistuksen valvontaan. Vuoden 2011 aikana radonvalvonnassa oli 166 työpaikkaa ja niissä yhteensä 288 työpistettä. Avaruussäteilystä aiheutuvan säteilyaltistuksen seurannassa oli yhteensä vähän yli 3 600 ohjaamo- ja matkustamohenkilöstön jäsentä.

Ionisoivan säteilyn tutkimuksessa osallistuttiin neljään tutkimushankkeeseen. Lisäksi osallistuttiin kansainvälisen asiantuntijaryhmän suorittamaan STUKin tutkimustoiminnan arviointiin.

Mittanormaali-toiminnassa hankittiin uusia alfa- ja beetalähteitä sekä asennettiin ja otettiin käyttöön edellisenä vuonna hankittu ⁶⁰Co-säteilytyslaite. Kalibrointi- ja testauspalvelut jatkuivat edellisten vuosien tapaan.

Vuonna 2011 ionisoimattoman säteilyn käytön valvonta kohdistui erityisesti solariumeihin, lasereihin ja matkapuhelimiin. Tatuonninpoistolaserien käytössä annettiin toiminnan harjoittajille 5 toiminnan keskeyttämismääräystä. Solariumien käyttöpaikkoja tarkastettiin 7 kpl ja showlasertarkastuksia tehtiin käyttöpaikoilla 10 kpl. Langattomien päätelaitteiden markkinavalvonnassa testattiin 5 matkapuhelinta. Myös ionisoimattoman säteilyn tutkimuksessa osallistuttiin STUKin tutkimustoiminnan arviointiin.

Vuonna 2011 sattui 46 säteilyn käyttöön liittyvää poikkeavaa tapahtumaa. Tapahtumista 13 koski säteilyn käyttöä teollisuudessa, tutkimuksessa ja opetuksessa, 29 säteilyn käyttöä terveydenhuollossa, 1 säteilylähteiden kuljetusta ja 3 ionisoimattoman säteilyn käyttöä. Tapahtumista mikään ei johtanut vakaviin seurauksiin.

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	3
JOHTAJIEN ESIPUHE	6
1 YLEISTÄ	9
1.1 Tärkeimmät tunnusluvut	9
2 IONISOIVAN SÄTEILYN KÄYTÖN VALVONTA	11
2.1 Säteilyn käyttö terveydenhuollossa ja eläinlääketieteessä	11
2.2 Säteilyn käyttö teollisuudessa, tutkimuksessa ja opetuksessa	13
2.3 Turvallisuusluvan alaisen säteilytoiminnan tarkastukset	14
2.4 Ilmoitusvelvollisuuden alaisen hammasröntgentoiminnan tarkastukset	14
2.5 Radioaktiivisten aineiden tuonti, valmistus ja vienti	14
2.6 Työntekijöiden säteilyannokset	15
2.7 Hyväksyntäpäätökset ja pätevyyksien toteaminen	15
2.8 Radioaktiiviset jätteet	16
2.9 Poikkeavat tapahtumat	16
3 LUONNONSÄTEILYLLE ALTISTAVAN TOIMINNAN VALVONTA	22
3.1 Radon työpaikoilla	22
3.2 Muu maaperästä tuleva luonnonsäteily	22
3.3 Avaruussäteily	23
4 IONISOIMATTOMAN SÄTEILYN KÄYTÖN VALVONTA	24
4.1 Yleistä	24
4.2 Optinen säteily	24
4.3 Sähkömagneettiset kentät	25
4.4 Poikkeavat tapahtumat	26
5 SÄÄNNÖSTÖTYÖ	27
6 TUTKIMUS	28
6.1 Ionisoiva säteily	28
6.2 Ionisoimaton säteily	29
6.3 Tutkimuksen arviointi	30
7 KANSAINVÄLINEN YHTEISTYÖ	31
8 KOTIMAINEN YHTEISTYÖ	32
9 VIESTINTÄ	33
10 MITTANORMAALITOIMINTA	34
10.1 Yleistä	34
10.2 Ionisoiva säteily	34
10.3 Ionisoimaton säteily	34

11	PALVELUT	36
	11.1 Ionisoiva säteily	36
	11.2 Ionisoimaton säteily	36
LIITE 1	TAULUKOT	37
LIITE 2	JULKAISUT VUONNA 2011	46
LIITE 3	ST-OHJEET	50

Johtajien esipuhe

Eero Kettunen
Johtaja
Säteilyn käytön turvallisuus -osasto (STO)

Riikka Pastila
Laboratorionjohtaja
Ionisoimattoman säteilyn yksikkö (NIR)

Säteilyturvakeskuksen (STUK) Säteilyn käytön turvallisuus -osasto (STO) toimii ionisoivan säteilyn valvontaviranomaisena, tekee säteilyn lääketieteelliseen käyttöön liittyvää tutkimusta ja ylläpitää ionisoivan säteilyn mittanormaaleja. Valvontaan kuuluvat turvallisuuslupa-, hyväksyntä- ja rekisteröintimenettelyt, säteilyn käyttöpaikoille tehtävät tarkastukset ja työntekijöiden säteilyannosvalvonta.

Ionisoivan säteilyn käytössä oli annostarkkailussa vuonna 2011 yhteensä lähes 7 900 säteilytyötä tekevää työntekijää. Tässä lukumäärässä eivät ole ydinvoimaloissa työtä tekevät mukana. Annostarkkailussa olevien määrä on viime vuosina lisääntynyt suhteellisesti eniten eläinlääketieteiden alalla. Kenenkään työntekijän efektiivinen annos ei vuonna 2011 ylittänyt työntekijöiden vuosiannosrajaa eikä viiden vuoden ajanjaksolle asetettua annosrajaa.

Työperäinen altistuminen luonnonsäteilylle kasvoi edelleen ja kasvua todettiin erityisesti lentohenkilöstöllä, joka on eniten altistuva työntekijäryhmä. Henkilökohtaisen säteilyaltistuksen seurannassa olevan lentohenkilöstön määrä lisääntyi kuusi prosenttia ja kokonaisannos lähes kymmenen prosenttia.

Henkilöannosvalvonnan rekistereiden uudistustyö on ollut käynnissä toimintavuoden aikana ja huomattava osa tämän valvontaryhmän työkapasiteettia on ollut kiinni siinä työssä. Henkilöannosrekisteri valmistuu vuoden 2012 aikana.

STUKin valvonnassa on havaittu kiireellisten turvallisuuslupahakemusten lisääntyminen edelleenkin. Monissa tapauksissa hakemus toimitettiin vasta laitteen käyttöönottovaiheessa tai jopa sen jälkeen, kun laite oli jo otettu käyttöön. Tarkastuksissa ja valvontakyselyjen tuloksena on kohdistetun ja tehostetun valvonnan myötä löydetty luvattomia laitteita aiempaa runsaammin. Tämä on mahdollisesti merkki huonontuneesta turvallisuuskulttuurista, johon tulee puuttua käyttöpaikoilla aiempaa tehokkaammin. STUK tulee jatkamaan erilaisia valvontakyselyjä normaalin tarkastustoiminnan lisäksi ja ottaa esille turvallisuuskulttuurin näkökulmaa koulutustapahtumissa.

Poikkeavia tapahtumia on ionisoivan säteilyn käytössä raportoitu toimintavuoden aikana 43 kappaletta, lisäystä edelliseen vuoteen on runsas 10 kappaletta. STUK on kannustanut toiminnanharjoittajia edelleenkin ilmoittamaan rohkeasti kaikki merkittävät tapahtumat ja tekemään tarvittavat korjaukset toimintaan, jotta poikkeavat tapahtumat vastedes vältettäisiin. Syytä lisääntyneisiin ilmoituksiin on arvioitava myös sitä taustaa vasten, että kynnys ilmoittaa poikkeamista STUKille on laskenut. Poikkeavia tapahtumia käsitellään STUKin järjestämällä koulutus- ja neuvottelupäivillä. Poikkeavien tapahtumien ilmoittaminen on tärkeää alan yhteisen oppimisen kannalta. STUK seuraa tiiviisti poikkeavien tapahtumien luonnetta ja kohdistaa neuvonta- ja valvontatoimet hyvän turvallisuuden edellyttämällä tavalla.

Kierrätysmetallia hyödyntävän teollisuuden kanssa on tehty yhteistyötä, jotta kierrätyksessä olevat säteilylähteet saataisiin eliminoitua ja varauduttaisiin hyvin mahdollisiin vaaratilanteisiin. Kierrätysmetallien kauppa on kansainvälistä toimintaa, ja todennäköisyys vaikeasti mittauksin havaittavan ei-toivotun säteilylähteen olemiseen romumetallin joukossa on kasvanut. Toimintavuoden aikana STUK valmisteli kierrätysmetallialan yritysten käyttöön posterin, jossa on tiedot tyypillisistä säteilylähteistä havainnoinnin helpottamiseksi.

Sädehoidon tarve ja hoitojen määrä on kasvanut Suomessa edelleen. Sädehoidon laitteiden määrä tulee kasvamaan tulevien vuosien aikana. Samalla tulee käyttöön uusia paremman annostelutarkkuuden mahdollistavia hoitotekniikoita. Uusissa hoitotekniikoissa haasteena on potilasannoksen tarkkuuden varmistaminen. STUK on tehnyt annoksen varmistamiseen liittyvää tutkimustyötä eurooppalaisessa EMRP-projektissa. Tutkimustyön tuloksia sovellettiin valvontatyössä.

Suurin ihmisen aiheuttama säteilyaltistus liittyy säteilyn käyttöön terveydenhuollossa. Lisääntyvät tietokonetomografiatutkimukset aiheuttavat suurimman osuuden potilasannosten lisääntymisessä, mutta lisäys on saatu pidettyä Suomessa hyvin hallinnassa. Eräissä suurissa teollisuusmaissa kansalaisten keskimääräinen säteilyannos röntgentutkimuksissa on kasvanut moninkertaiseksi Suomeen verrattuna. Röntgen- ja isotooppilääketieteen diagnostisten tutkimusten aiheuttamaa väestöannosta arvioidaan Euroopassa ensimmäistä kertaa Euroopan komission rahoittamassa, vuonna 2012 päättyvässä projektissa, jota STUK koordinoi.

Pohjoismaiden säteilyturvaviranomaiset valmistelivat tietokonetomografiatutkimuksista yhteisen kannanoton, jossa painotettiin tarpeettoman tarkkojen ja monien kuvausten välttämistä. Kannanoton valmistelussa havaittiin, että säteilyannosten lisäys oli Suomessa olennaisesti pienempi kuin muissa Pohjoismaissa.

Terveydenhuollon säteilyn käytön valvonnassa yksi painopistealue toimintavuoden aikana oli hammasröntgenkuvauksen valvonnan kehittäminen. Röntgenlaitetoimittajille tehdyn kyselyn lisäksi STUK teki inventaarikyselyn kaikille hammasröntgentoiminnan harjoittajille. Toimintavuoden aikana uudistettiin ohjeistusta ja valmisteltiin yhteistyössä STUKin koordinoimana kannanottoa uusilla kuvausmenetelmillä kuvauksia suorittavien terveydenhuollon ammattihenkilöiden säteilysuojelukoulutuksesta ja pätevyysvaatimuksista. Kannanotto valmistuu vuoden 2012 kuluessa.

Luonnonsäteilylle altistavan toiminnan valvonta on tärkeä osa STUKin toimintaa ja tulee korostumaan jatkossa Suomessa uudelleen virinneen kaivostoiminnan vuoksi. Toimintavuoden aikana on parannettu osaamista tällä alueella. Luonnonsäteilyn valvontarekisterin uudistamista on valmisteltu osana laajempaa valvonnan rekisterin uudistamista.

Säteilymittausten tarkkuuden ja luotettavuuden ylläpitämiseksi uusittiin tarvittavia säteilylähteitä. STUKilla on nyt käytettävissään riittävä määrä erikokoisia säteilylähteitä, joiden avulla voidaan tarjota Suomessa tarvittavat säteilymittareiden kalibrointi- ja testauspalvelut. Sädehoitoklinikoiden tarpeita varten saatiin vuonna 2010 hankittua suuri Co-60-lähde, joka otettiin käyttöön vuoden 2011 alussa.

Ionisoimattoman säteilyn valvonta (NIR-yksikkö) toimii ionisoimattoman säteilyn valvontaviranomaisena ja muita viranomaisia avustavana asiantuntijana. Ionisoimattoman säteilyn valvontakohteina ovat olleet erityisesti laserit, solariumit ja matkapuhelimet. Keskeisiä tutkimuskohteita ovat viime vuosina olleet dosimetria matkapuhelintutkimuksissa ja liikeinduktiokentät staattisessa magneettikentässä. Sähkömagneettisten kenttien ja optisen säteilyn turvallisuutta koskevaan viestintään on viime vuosina panostettu huomattavasti.

Vuonna 2011 tatuoinninpoistolasereita valvottiin tehostetusti aiempiin vuosiin verrattuna. Suomen lain mukaan voimakkaita, luokan 4 lasereita, eivät saa käyttää ihon tai silmien käsittelyyn muut kuin terveydenhuollon ammattihenkilöt. Tehovalvonnassa löydetty vaatimustenvastaiset laitteet määrättiin käyttökieltoon ja osassa tapauksissa vedettiin kokonaan markkinoilta pois.

Osoitinlasereiden valvontaa jatkettiin yhteistyössä Tullin kanssa. Valvonta on ollut menestyksekkästä. Tullin kautta ei enää pääse Suomeen lasernimikkeen alla kulkevia silmille vaarallisia laitteita, joita ai-

emmin kuka tahansa on voinut suhteellisen halpaan hintaan tilata internetin kautta. Suurimmat Tullin haaviin jääneiden lasereiden tehot olivat noin 200 mW. Jos tällaisella laserilla osuu silmään lähietäisyydeltä, voi seurauksena olla pahimmillaan tarkan näön alueen tuhoutuminen silmän verkkokalvolla.

Tieto solariumien karsinogeenisuudesta on viime vuosina oleellisesti lisääntynyt ja sen johdosta kansainvälinen syöväntutkimusjärjestö (IARC) on luokitellut solariumit ykkösluokkaan syöpärisikin suhteen. NIR-yksikkö osallistui vuonna 2011 aktiivisesti sosiaali- ja terveysministeriön (STM) johtaman säteilylain muutoksen valmisteluun. Muutoksessa solariumtoiminnan harjoittajia kielletään altistamasta alle 18-vuotiasta henkilöä solariumien säteilylle ja lisäksi vaaditaan, että solariumtoiminnan harjoittajan on valvottava asiakkaiden ikää ja että käyttöhenkilökunnan on opastettava asiakkaita solariumin käytössä. Lakimuutos astuu voimaan todennäköisesti 1.7.2012.

Sähkömagneettisten kenttien puolella valvontatoiminnan painopiste oli matkapuhelimien ja uuden teknologian tuottamien sähkömagneettisten kenttien valvonnassa. Suurin mitattu matkapuhelimen SAR-arvo oli 1,07 W/kg, joka ei ylittänyt STM:n asetuksen (294/2002) enimmäisarvoa.

Voimajohtoja koskeva katsaus valmistui. Siinä annetaan tietoa matalataajuuksisten magneettikenttien riskeistä ja täsmennetään STUKin suositusta rakentamisesta voimajohtojen lähellä.

Euroopan komissiossa vuonna 2011 oli valmisteltavana uusi sähkö- ja magneettikenttiä koskeva työsuojeludirektiivi. STUK avusti STM:n työsuojeluosastoa direktiivin luonnostelussa. STUKissa laadittiin uusi ehdotus direktiivin liitteen 2 muuttamiseksi niin, että se noudattaisi paremmin ICNIRPin uusimpia ohjeistoja.

Tutkimuksen puolella STUK ja Työterveyslaitos hakivat yhdessä rahoitusta Työsuojelurahastolta tutkimushankkeelle, jossa aiotaan selvittää työntekijän altistuminen magneettikentille sekä laatia yleiset turvallisuusohjeet magneettikuvaustyöskentelylle. Työsuojelurahasto myönsi tutkimushankkeelle kolmen vuoden rahoituksen.

Myös kaksi laajaa tutkimushanketta valmistui. Toisessa projektissa koehenkilöitä altistettiin matkapuhelimen säteilylle ja säteilyn aiheuttamia biologisia vasteita tutkittiin erilaisin menetelmin (mm. PET-kuvaus, lämpötilan monitorointi ja veren virtauksen mittaaminen lähi-infrapunaspektroskopian avulla). NIR-yksikössä valmistettiin koehenkilöaltistuksiin käytetty laitteisto ja määritettiin koehenkilöiden tarkka altistustaso laskennallisesti. Toisessa päättyneessä tutkimusprojektissa STUKin tehtävänä oli kehittää SAR-mittapäiden kalibrointimenetelmä alle 400 MHz:n taajuuksille ja raajavirtojen mittaustaitteiden kalibrointimenetelmä taajuuksille 10–50 MHz. Menetelmien toimivuus testattiin vertailumittauksilla.

Vuoden aikana NIR -yksikköön tuli runsaasti kysymyksiä kansalaisilta, säteilyn käyttäjiltä, tiedotusvälineiltä ja muilta ionisoimattomasta säteilystä kiinnostuneilta tahoilta.

Toimintavuoden aikana pohdittiin useissa eri kehitystilaisuuksissa NIR-yksikön tulevaisuudennäkymiä ja strategiaa. Optisen säteilyn puolella lasereiden ja solariumien säteilyturvallisuuden valvonta asettaa suuren säteilyturvallisuushaasteen. Sähkömagneettisten kenttien puolella taas haasteena on tuottaa ja viestiä yhteiskunnalle vankkaa asiantuntijatietoa, kun monia kansalaisia huolestuttavia uusia teknologioita otetaan käyttöön.

1 Yleistä

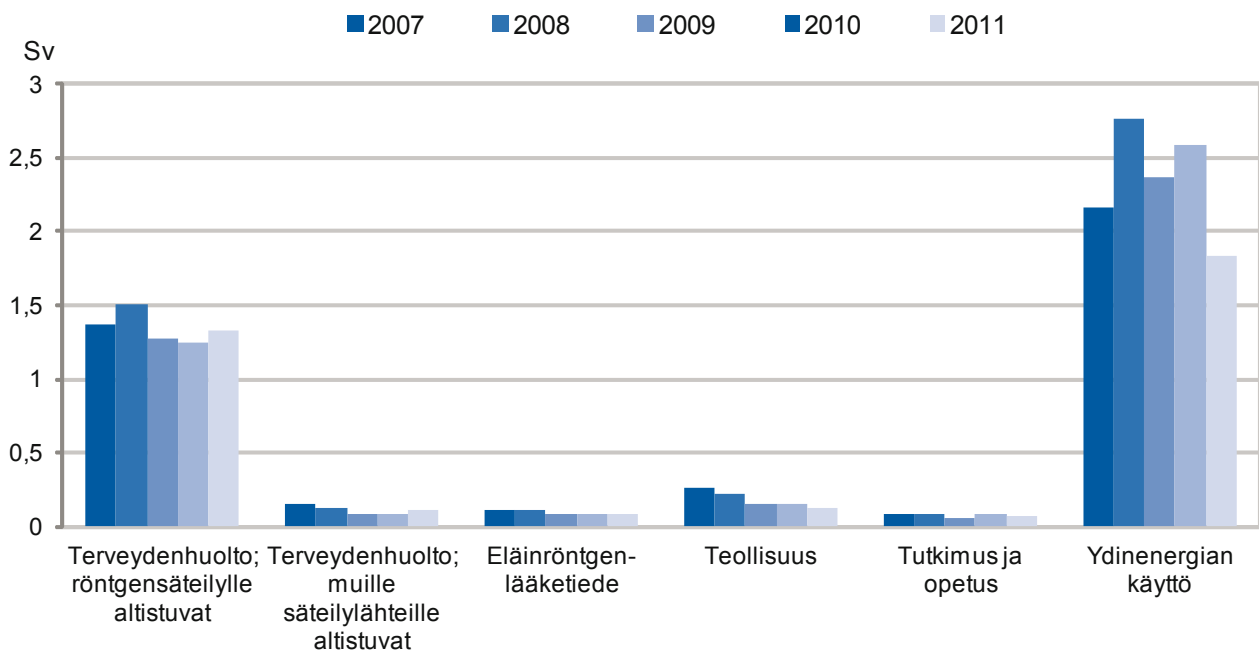
Säteilyn käytöllä tarkoitetaan säteilylaitteiden ja radioaktiivisten aineiden käyttöä, valmistusta ja kauppaa sekä näihin liittyviä toimintoja, kuten hallussapitoa, säilyttämistä, huoltoa, korjausta, asennusta, maahantuontia, maastavientiä, varastointia, kuljetusta ja radioaktiivisen jätteen vaarattomaksi tekemistä. Säteilytoiminnalla tarkoitetaan säteilyn käyttöä ja lisäksi sellaista toimintaa tai olosuhdetta, jossa luonnonsäteilystä ihmiseen kohdistuva säteilyaltistus aiheuttaa tai saattaa aiheuttaa terveydellistä haittaa.

Säteilyllä tarkoitetaan sekä ionisoivaa että ionisoimatonta säteilyä.

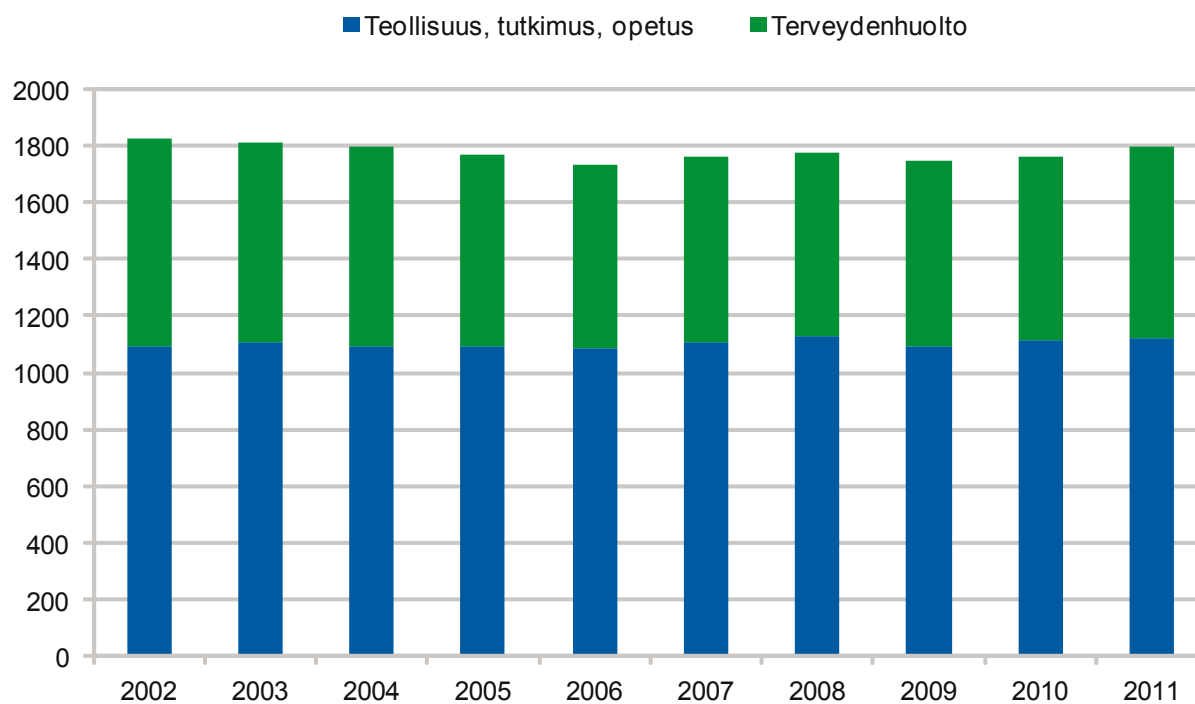
Säteilyn käytön ja muun säteilylle altistavan toiminnan valvonnasta vastaavat Suomessa STUKin Säteilyn käytön turvallisuus -osasto (STO) ja Ionisoimattoman säteilyn valvonta (NIR).

1.1 Tärkeimmät tunnusluvut

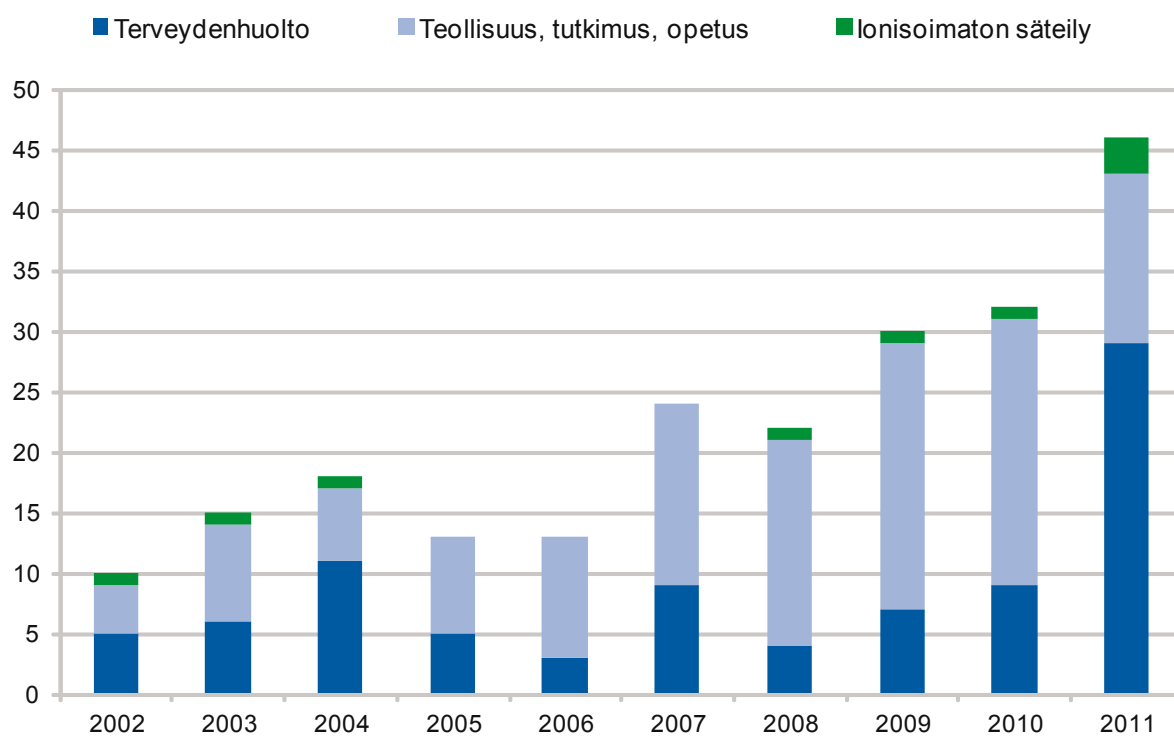
Säteilyn käytön ja muun säteilylle altistavan toiminnan tärkeimmät tunnusluvut esitetään kuvissa 1–3.



Kuva 1. Säteilyn käytössä annostarkkailussa olleiden työntekijöiden yhteenlasketut annokset (syväannokset) toimialoittain vuosina 2007–2011. Syväannokset ovat yleensä efektiivisen annoksen (riittävän tarkkoja) likiarvoja. Poikkeuksena on röntgensäteilyn käyttö terveydenhuollossa ja eläinlääkinnässä, jossa työntekijät käyttävät henkilökohtaisia säteilysuojaimia ja jossa annos mitataan suojaimeen päällä olevalla annosmittarilla. Tällöin efektiivinen annos saadaan jakamalla syväannos tekijällä 10–60. Kuvassa esitettyjen toimialojen lisäksi myös seuraavilla toimialoilla työskentelee muutamia annostarkkailussa olevia henkilöitä: radioaktiivisten aineiden valmistus, asennus/huolto/tekninen koekäyttö, kauppa/tuonti/vienti ja palvelut (ks. liitteen 1 taulukot 14 ja 15).



Kuva 2. Turvallisuuslupien lukumäärät vuosina 2002–2011.



Kuva 3. Poikkeavien tapahtumien lukumäärät vuosina 2002–2011.

2 Ionisoivan säteilyn käytön valvonta

2.1 Säteilyn käyttö terveydenhuollossa ja eläinlääketieteessä

Turvallisuusluvut

Vuoden 2011 lopussa oli terveydenhuollon säteilyn käyttöä koskevia turvallisuuslupia 673 kappaletta (ks. myös kuva 2), joista 235 koski eläinlääkintää. Vuoden aikana tehtiin yhteensä 284 lupapäätöstä (uusia lupia tai muutoksia vanhoihin lupiin). Liitteen 1 taulukossa 1 on esitetty luvissa mainittujen säteilytoimintojen lukumäärät. Turvallisuuslupien kokonaismäärässä ei ole tapahtunut merkittävää muutosta edellisestä vuodesta.

Terveydenhuollon röntgentoiminnan turvallisuuslupahakemusten keskimääräinen käsittely-aika oli 15 päivää. Yli 30 % lupahakemuksista käsiteltiin kiireisinä, mikä tarkoittaa, että hakemus toimitettiin STUKiin vasta laitteen käyttöönottovaiheessa tai jopa sen jälkeen, kun laite oli jo otettu käyttöön.

Säteilylaitteet ja -lähteet sekä laboratoriot

Liitteen 1 taulukossa 2 on yksityiskohtaisia tietoja säteilylähteiden ja -laitteiden sekä radionuklidilaboratorioiden lukumääristä terveydenhuollon säteilyn käytössä ja eläinlääketieteessä vuoden 2011 lopussa.

Röntgentoiminta

Mammografiakuvantamisessa STUK otti käyttöön uuden vertailusuureen, rauhaskudosannoksen (MGD, Mammary Gland Dose) ja asetti tälle suu-reelle vertailutason. Suureen käyttöönottoon ovat osaltaan vaikuttaneet mammografian laitetekniikassa tapahtuneet muutokset, mm. mammografialaitteiden uudet anodi- ja suodatusmateriaalit sekä mahdollisuus käyttää niiden yhdistelmiä, jolloin voidaan muokata säteilyn spektrin ominaisuuksia. Tällöin mammografiakuvauksessa pinta-annos saattaa pysyä samana, vaikka tutkimukses-

ta aiheutuva keskimääräinen rauhaskudosannos muuttuu ja näin ollen myös säteilystä aiheutuva riski muuttuu. Vertailutason asettaminen perustui sekä STUKin tarkastuksissaan tekemiin fantomimittauksiin että potilailla määritettyihin annoksiin. Lisäksi otettiin huomioon kansainvälisesti käytössä olevat vastaavat vertailutasot. Suomessa rauhaskudosannoksen vertailutasoksi asetettiin 1,5 mGy. Rauhaskudosannoksen (MGD) ja sen vertailutason ohessa voidaan edelleen käyttää siirtymäaikana vuoden 2013 loppuun saakka myös aiempaa suuretta pinta-annos (ESD) ja sen vertailutasoa 8 mGy.

Vuonna 2011 STUK teki ensimmäistä kertaa kyselyn röntgenlaitteiden laitetoimittajille. Toimittajat ilmoittivat vuonna 2010 asennetut/siirtoasennetut terveydenhuollon röntgenlaitteet. Kyselyn tuloksena löydettiin 1 mammografialaite ja 1 osastokuvauslaite, joilla ei ollut tarvittavaa turvallisuuslupaa. Lisäksi kyselyssä tuli esiin lukuisia hammasröntgenlaitteita, joita ei ollut ilmoitettu STUKin rekisteriin.

Röntgenlaitetoimittajille tehdyn kyselyn lisäksi STUK teki inventaarikyselyn kaikille hammasröntgentoiminnan harjoittajille. Inventaarin tuloksena STUKin hammasröntgenlaiterekisteriin merkittiin 242 laitetta ja rekisteristä poistettiin 264 laitetta. Rekisteröinti lakkautettiin 103:lta toiminnan harjoittajalta.

Päätös hammasröntgenlaitteiden käytön vapauttamisesta turvallisuusluvasta tavanomaisessa hammasröntgentoiminnassa uudistettiin. Lisäksi hammasröntgentoiminnasta julkaistiin uusi ohje ST 3.1 sekä kaksi STUK opastaa -julkaisua. Toinen opas käsittelee laadunvarmistusta ja rakenteellista säteilysuojausta hammasröntgentoiminnassa ja toinen KKT-laitteiden (kartiokeilatietokonetomografia) käyttöä. Uudistetulla luvastavapauttamispäätöksellä selkeytetään turvallisuusluvasta vapautetun ja turvallisuuslupaa

edellyttävän hammasröntgentoiminnan välistä rajaa. Uudistettu ohje ST 3.1 taas terävöittää hammasröntgentoiminnalle asetettuja käytännön vaatimuksia. KKTT-kuvaukset ovat erityisindikaatiota ja -osaamista edellyttäviä tutkimuksia, joissa potilaalle aiheutuva säteilyaltistus on tavanomaisista hammasröntgentutkimuksesta aiheutuvaa säteilyaltistusta suurempi.

STUKin koordinoimana valmisteltiin kannanottoa KKTT-kuvauksia suorittavien terveydenhuollon ammattihenkilöiden säteilysuojelukoulutuksesta. Kyseinen täydennyskoulutus edellytetään ohjeessa ST 3.1 niille henkilöille, joiden peruskoulutukseen ei sisälly riittävää säteilysuojelukoulutusta. Hoitajien säteilysuojelukoulutusta koskeva kananotto saatiin valmiiksi ja se julkistetaan vuoden 2012 aikana. Hammaslääkäreiden säteilysuojelukoulutuksesta valmistui luonnos, jota käsiteltiin sidosryhmien kokouksessa tammikuussa 2012. Myös se julkistetaan vuoden 2012 aikana.

Vuoden 2011 aikana poikkeavat tapahtumat terveydenhuollon röntgentoiminnassa herättivät keskustelua. STUKille ilmoitettiin poikkeavista tapahtumista merkittävästi useammin kuin aiempina vuosina. Aiemmin STUKille on ilmoitettu röntgentoiminnan poikkeava tapahtuma keskimäärin vain joka toinen vuosi, mutta vuonna 2011 tapahtumia ilmoitettiin 16 kappaletta. Syynä lisääntyneisiin ilmoituksiin ei ole se, että poikkeavia tapahtumia tapahtuisi aiempaa enemmän, vaan pikemminkin se, että aiemmin tapauksia ei ole ilmoitettu STUKille. Tämän vuoksi koettiin, että on tarve pyrkiä sopimaan yhtenäiset käytännöt sille, missä tapauksissa poikkeava tapahtuma on ilmoitettava STUKille. Asiasta keskusteltiin syyskuussa STUKin järjestämällä lääketieteellisen röntgentekniikan neuvottelupäivillä (ks. luku 8) ja keskusteluja jatkettiin loppuvuonna. Pelisääntöjen selkiinnyttäminen jäi vuoden 2012 alkuun.

Eläinröntgentoiminnan viranomaisohjeistusta valmistellaan. Ohjeesta muodostetaan yhtenäinen kokonaisuus, joka sisältää tärkeimmät säteilyturvallisuuteen ja turvallisuuslupamenettelyyn liittyvät seikat. Ohjeluonnos ST 8.1 ”Säteilyturvallisuus eläinröntgentutkimuksissa” oli lausunnolla vuoden 2011 loppuun. Ohje vahvistettiin alkuvuonna 2012.

Hammas- ja eläinröntgentoiminnan valvontaan liittyvistä ajankohtaisista asioista kirjoitettiin lisäksi ammatillisissa lehdissä.

Isotooppilääketiede

Vuonna 2011 STUK teki selvityksen SPECT-TT- ja PET-TT-laitteiden käytöstä Suomessa. Selvityksen mukaan laitteita oli yhteensä 26 kpl, joista 21 oli SPECT-TT laitteita ja 5 PET-TT-laitteita. Vuonna 2011 laitteiden lukumäärä oli lähes kolminkertainen vuoteen 2006 verrattuna.

Selvityksessä kysyttiin säteilyn käyttäjien koulutuksesta laitteen käyttöön, laitteiden laadunvalvonnasta, yleisimmille tutkimuksille arvioiduista potilasannoksista ja TT-kuvausohjelmien optimoinnista. Vastauksia saatiin 20 laitteen (16 SPECT-TT ja 4 PET-TT) osalta. Kyselyn tulokset koulutuksen, laadunvalvonnan ja potilasannosten osalta on esitetty liitteen 1 taulukoissa 3, 4 ja 5.

Selvityksen mukaan SPECT-TT- ja PET-TT-laitteille tehdään laadunvalvontamittauksia säännöllisesti kaikissa sairaaloissa. Kuitenkin STUKin terveydenhuollon röntgenlaitteiden laadunvalvontaoppaassa (STUK tiedottaa 2/2008) ja isotooppitutkimuslaitteiden laadunvalvontaoppaassa (STUK tiedottaa 1/2010) suositelluista testeistä tehdään vain osa. Sairaaloista 12 ei ilmoittanut, mitä testejä TT-laitteille tehdään. TT-tutkimuksia ei selvityksen mukaan optimoida yleisesti; vain 11 sairaalaa ilmoitti tekevänsä optimointia.

Tulosten perusteella voidaan arvioida, etteivät sairaalat olleet vielä soveltaneet laadunvalvontaan annettuja oppaita käytäntöön. STUKin valvontaa on tehostettu yhdistelmä-TT-laitteiden osalta. Lasten TT-tutkimuksiin valmisteltiin uutta opasta, jossa on ohjeita myös SPECT-TT:n ja PET-TT:n optimointiin.

Sädehoito

Vuonna 2011 STUK teki selvityksen sädehoitotoiminnasta Suomessa. Selvitystä varten lähetettiin kyselylomake kaikille sairaaloille, joissa annettiin ulkoista tai sisäistä sädehoitoa. Kysely ei koskenut radionuklidihoidoja, koska niistä tehtiin edellinen selvitys vuoden 2009 tiedoista.

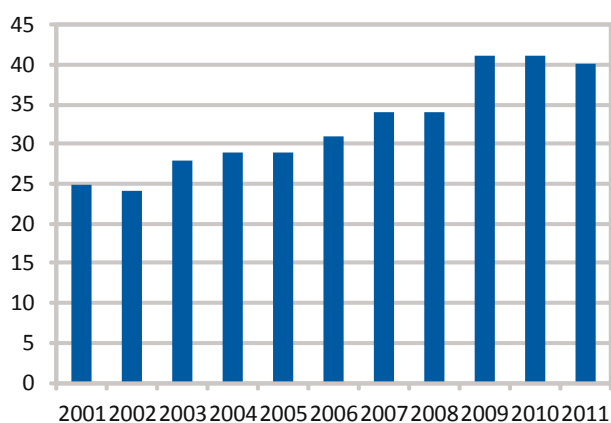
Selvityksen mukaan vuonna 2010 Suomessa annettiin sädehoitoa noin 14 000 potilaalle. Määrä

on 32 % suurempi kuin kymmenen vuotta sitten.

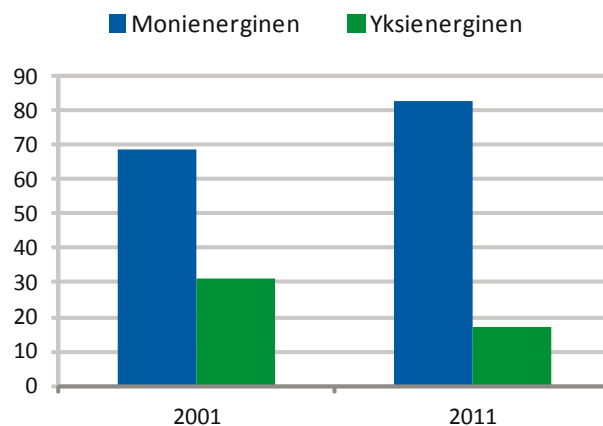
Uudessa sädehoidon turvallisuutta koskevassa ohjeessa ST 2.1 (voimaan 1.6.2011) asetetaan vaatimukset henkilöstön vähimmäismääristä. Tehdyn kyselyn mukaan vaatimukset täyttyivät röntgenhoitajien osalta kaikissa sairaaloissa, sairaalafyysikoiden osalta lähes kaikissa sairaaloissa ja sädehoidossa toimivien syöpätautien erikoislääkärien osalta vain joka toisessa sairaalassa. Sädehoidon toiminnan tarkastuksissa on annettu määräyksiä henkilöstövajeen korjaamiseksi. Kymmenen viime vuoden aikana henkilöstön määrä on kasvanut 46 %, mutta hoitotekniikat ovat monimutkaistuneet ja erikoistekniikat vievät yleensä enemmän aikaa.

Sädehoitotoiminnassa röntgenhoitajat osallistuvat hoidon lisäksi kentän muokkainten valmistukseen lähes kaikissa klinikoissa. Hoidon simuloinneissa on mukana kerrallaan pääsääntöisesti vähintään kaksi hoitajaa. Röntgenhoitajat tekevät vähintään puolet annossuunnitelmista joka toisessa klinikassa, mutta kolmasosassa klinikoista röntgenhoitajat eivät tee lainkaan annossuunnitelmia. Suurimmassa osassa sädehoitoklinikoita on erilaisissa tehtävissä myös sairaanhoitajia ja perushoitajia.

Sädehoitokiihdyttimien lukumäärä on kasvanut kymmenessä vuodessa 60 % eli 25:stä 40:een (kuva 4). Hoitokeilojen lukumäärä on kasvanut, koska yksienergisiä kiihdyttimiä on korvattu monienergisillä kiihdyttimillä (kuva 5).



Kuva 4. Sädehoitokiihdyttimien lukumäärä Suomessa vuosina 2001–2011.



Kuva 5. Yksienergisten ja monienergisten sädehoitokiihdyttimien suhteelliset osuudet (%) vuosina 2001 ja 2011.

STUKin ja sairaaloiden väliset vertailumittaukset osoittivat sädehoidon hoitoannoksen tarkkuuden olevan erittäin hyvän: mittaustulosten keskimääräinen ero oli fotonikeiloissa 0,3 % ja elektronikeiloissa -0,5 %. Hoidon turvallisuutta vaarantavia annoksia ei vertailumittausten perusteella löytenyt.

2.2 Säteilyn käyttö teollisuudessa, tutkimuksessa ja opetuksessa

Säteilyn käyttö teollisuudessa, tutkimuksessa ja opetuksessa sisältää myös säteilyn käytön palvelu-, asennus- ja huoltotoiminnassa sekä radioaktiivisten aineiden kaupan ja valmistuksen.

Turvallisuusluvut

Vuoden 2011 lopussa oli teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käyttöä koskevia turvallisuuslupia 1 118 kappaletta (ks. myös kuva 2). Liitteen 1 taulukossa 6 on esitetty luvissa mainittujen säteilytoimintojen lukumäärät.

STUK pyysi kaikilta tiedossaan olevilta röntgenlaitteiden kauppiailta (51 kpl) vuosi-ilmoitusta luovutetuista röntgenlaitteista ja niiden haltijoista. Luovutustietojen perusteella todettiin 9 toiminnan harjoittajaa, jotka eivät olleet hakeneet lupaa aloittamaansa röntgenlaitteen (tai -laitteiden) käyttöön. Lisäksi todettiin 20 eri luvanhaltijaa, jotka olivat hankkineet uuden röntgenlaitteen (tai -laitteita), mutta eivät olleet ilmoittaneet niitä

STUKiin. STUK antoi tarvittavat määräykset ha-
vaittujen puutteiden korjaamiseksi ja valvoi, että
kaikki edellä mainitut laitteet tulivat asianmukai-
sesti luvitetuiksi.

Säteilylaitteet ja -lähteet sekä laboratoriot

Liitteen 1 taulukossa 7 on yksityiskohtaisia tietoja
säteilylähteiden ja -laitteiden sekä radionuklidi-
laboratorioiden lukumääristä teollisuuden, tut-
kimuksen ja opetuksen säteilyn käytössä vuoden
2011 lopussa.

Liitteen 1 taulukossa 8 on tietoja umpilähteissä
käytettävistä radionuklideista.

HASS-lähteet

Korkea-aktiivisia umpilähteitä (HASS-lähteet,
High Activity Sealed Sources) oli vuoden 2011 lo-
pussa Suomessa 145 kappaletta. Vuoden 2006 alus-
ta voimaantulleen säteilylain muutoksen jälkeen
HASS-lähteen jätehuoltosuunnitelman esittämi-
nen on ollut turvallisuuslupan myöntämisen ehto.
Vanhempia lähteitä koskevia jätehuoltosuunnitel-
mia STUK on selvittänyt erikseen. On osoittautu-
nut, että suurin osa vanhoista lähteistä voidaan
palauttaa lähteen valmistajalle, vaikka joissakin
tapauksissa kustannukset voivat olla hyvin suuret.
Palautusvaihtoehtoa ei toistaiseksi ole löytynyt 6
lähteelle. Osa näistä lähteistä voitaneen tarvitta-
essa siirtää radioaktiivisten jätteiden kansalliseen
pienjätevarastoon, mutta tätä mahdollisuutta ei vie-
lä ole lähdekohtaisesti selvitetty.

Umpilähdeinventari

Vuonna 2011 STUK teki umpilähdeinventaarin
kaikille niille 79:lle turvallisuuslupan haltijalle,
joilla oli käytössään vähintään 20 umpilähdelaite-
ta. Inventaarin perusteella tehtiin turvallisuuslu-
piin ja STUKin ylläpitämään säteilylähderekiste-
riin useita kymmeniä muutoksia ja täsmennyksiä.

2.3 Turvallisuuslupan alaisen säteilytoiminnan tarkastukset

Terveystieteiden ja eläinlääketieteen säteilyn
käyttöä koskevia tarkastuksia tehtiin 343 kapp-
letta. Tarkastuksissa annettiin toiminnan harjoit-
tajille 88 korjausmääräystä tai -suositusta. Lisäksi
löydettiin 9 laitetta, joilla ei ollut laitteen käyttöön
tarvittavaa turvallisuuslupaa.

Teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen sä-

teilyn käyttöä koskevia tarkastuksia tehtiin 232
kappaletta. Tarkastuksissa annettiin 545 korjaus-
määräystä tai -suositusta.

Tarkastusten lukumäärät tarkastuksen tyyppin
perusteella eriteltyinä on esitetty liitteen 1 tau-
lukossa 9. Tarkastusten lukumäärät toiminnan
tyyppin mukaan eriteltyinä on esitetty liitteen 1
taulukossa 10.

2.4 Ilmoitusvelvollisuuden alaisen hammasröntgentoiminnan tarkastukset

Hammasröntgentoimintaa harjoitti 1 702 toimin-
nan harjoittajaa. Hammasröntgenkuvauksista ai-
heutuvaa potilasaltistusta mitattiin 838 laitteelta.
Keskimääräinen annos oli 1,7 mGy. Annos vastaa
posken pinnan annosta (ESD) hammasta kuvat-
taessa. Vertailutaso 5 mGy ylittyi 14 kuvauslait-
teella.

Ilmoitusvelvollisuuden alaisia hammas-
röntgenlaitteita tarkastettiin 73 kappaletta.
Korjausmääräyksiä annettiin 37 kappaletta ja
korjaussuosituksia 7 kappaletta. Tarkastuksissa
löydettiin lisäksi 33 hammasröntgenlaitetta, joita
ei ollut asianmukaisesti ilmoitettu STUKille re-
kisteröitäviksi. Vertailutason ylittäviä annoksia
mitattiin 18 panoraamatomografialaitteella.

2.5 Radioaktiivisten aineiden tuonti, valmistus ja vienti

Tiedot radioaktiivisten aineiden toimituksista
Suomeen tai Suomesta sekä valmistuksesta
Suomessa vuonna 2011 on esitetty liitteen 1 tau-
lukossa 11–13. Taulukoiden luvut perustuvat kaup-
paa, tuontia, vientiä tai valmistusta harjoittavilta
turvallisuuslupan haltijoilta kerättyihin tietoihin.
Taulukoissa eivät ole mukana toiminnan harjoit-
tajien omaan käyttöön muista EU-maista hankitut
ja omasta käytöstä muihin EU-maihin toimitetut
radioaktiiviset aineet. Taulukot eivät myöskään
sisällä radioaktiivisia aineita, joita on toimitettu
Suomen kautta muihin maihin.

Liitteen 1 taulukossa 11 eivät ole mukana
amerikiumia (^{241}Am) sisältävät palovaroittimet ja
paloilmoitinjärjestelmien ioni-ilmausimet. Niitä
tuotiin maahan noin 193 000 kappaletta ja nii-
den yhteenlaskettu aktiivisuus oli noin 5,6 GBq.
Palovaroittimia vietiin maasta noin 4 700 kapp-
letta, yhteisaktiivisuudeltaan 0,14 GBq. Taulukon
tietoihin eivät myöskään sisälly Suomeen tuodut

radioaktiivista ainetta sisältävät lamput ja sytyttimet. Joissakin lampuissa ja sytyttimissä käytetään pieniä määriä tritiumia (^3H), kryptonin (^{85}Kr) tai toriumia (^{232}Th).

2.6 Työntekijöiden säteilyannokset

Annostarkkailussa oli vuonna 2011 yhteensä lähes 11 700 säteilytyötä tekevää työntekijää. Annoskirjauksia kirjauskynnyksen alle jääneet annokset mukaan lukien tehtiin STUKin ylläpitämään annosrekisteriin noin 143 000 kappaletta (lukumäärään sisältyvät myös luonnonsäteilylle altistuneiden työntekijöiden annoskirjaukset, ks. myös luku 3).

Kenenkään työntekijän efektiivinen annos ei vuonna 2011 ylittänyt työntekijöiden vuosiannosrajaa 50 mSv eikä viiden vuoden ajanjaksolle asetettua annosrajaa 100 mSv. Kenenkään työntekijän käsien annos ei ylittänyt vuosiannosrajaa 500 mSv.

Kirjatut syväannokset säteilyn käytössä olivat yhteensä 1,7 Sv ja ydinenergian käytössä 1,8 Sv. Kirjattujen syväannosten summa säteilyn käytön osalta kasvoi 5,5 % edelliseen vuoteen verrattuna ja ydinenergian käytössä se oli lähes 30 % pienempi kuin edellisenä vuonna. Ydinenergian käytössä kokonaisannokset vaihtelevat vuosittain huomattavasti riippuen ydinvoimalaitosten vuosihuoltojen pituudesta ja laitoksissa tehtävistä huoltotoista.

Terveystarkkailun toimialalla suurin syväannos 33 mSv kirjattiin toimenpideradiologille. Annos vastaa 0,6–3,3 mSv:n efektiivistä annosta. Suurin terveydenhuollossa muusta kuin röntgensäteilyn käytöstä aiheutunut efektiivinen annos 15,1 mSv kirjattiin isotooppilääkärille. Eläinlääkinnässä suurin syväannos 9,5 mSv kirjattiin röntgentutkimuksia tekeväälle eläinlääkärille. Annos vastaa 0,2–1,0 mSv:n efektiivistä annosta. Suurin efektiivinen annos teollisuudessa oli 7,2 mSv. Tutkimuksessa suurin efektiivinen annos, 12,2 mSv, aiheutui useita erilaisia säteilylähteitä käyttävälle henkilölle.

Suurin sormiannos 320 mSv kirjattiin tutkimuksen toimialalla työskentelevälle, avolähteitä käyttävälle tutkijalle.

Annostarkkailussa olleiden työntekijöiden lukumäärät toimialoittain viiden viimeisen vuoden ajalta esitetään liitteen 1 taulukossa 14. Työntekijöiden yhteenlasketut annokset toimialoit-

tain esitetään kuvassa 1 (kohta 1.1) ja taulukossa 15. Taulukossa 16 on esitetty säteilylle paljon altistuvien tai lukumääräisesti isojen työntekijäryhmien annostietoja vuodelta 2011. Kuvissa ja taulukoissa esitetyt mittaustulokset (syväannokset) ovat yleensä efektiivisen annoksen (riittävän tarkkoja) likiarvoja. Poikkeuksena on röntgensäteilyn käyttö terveydenhuollossa ja eläinlääketieteessä, jossa työntekijät käyttävät henkilökohtaisia säteilysuojaimia ja jossa annos mitataan säteilysuojaimen päällä olevalla annosmittarilla. Tällöin arvio efektiivisestä annoksesta saadaan jakamalla mittaustulos (syväannos) tekijällä 10–60.

2.7 Hyväksyntäpäätökset ja pätevyysien toteaminen

Vastaavien johtajien säteilysuojelukoulutusta antavat koulutusorganisaatiot

STUK on vahvistanut säteilyn käytön turvallisuudesta vastaavan johtajan pätevyysvaatimukset ohjeessa ST 1.8. Vastaavan johtajan koulutusta ja pätevyyskuulusteluja järjestävät koulutusorganisaatiot hakevat STUKilta oikeutta järjestää vastaavan johtajan kuulusteluja. Vuonna 2011 annettiin seitsemälle koulutusorganisaatiolle hyväksyntäpäätös vastaavan johtajan kuulustelujen ja koulutuksen järjestämiseksi. Voimassa olevia hyväksyntäpäätöksiä oli vuoden 2011 lopussa yhteensä 21 koulutusorganisaatiolla.

Vuonna 2011 koulutusorganisaatioiden tarjoamien pätevyysalojen määrä kasvoi kattamaan kaikki ohjeen ST 1.8 mukaiset pätevyysalat, kun STUK hyväksyi koulutusorganisaation, joka järjestää Säteilylaitteiden asennus, korjaus ja huolto terveydenhuollossa -pätevyysalan vastaavan johtajan koulutusta ja kuulusteluja.

Hyväksynnän saaneet koulutusorganisaatiot on esitetty STUKin www-sivuilla (Säteilyn käyttö/ ProInfo - verkkopalvelu säteilyn käyttäjille).

Terveystarkkailusta vastaavat lääkärit

STUK toteaa säteilytyöluokkaan A kuuluvien työntekijöiden terveystarkkailusta vastaavien lääkärien pätevyyden. Vuoden 2011 lopussa Suomessa oli kaikkiaan 343 terveystarkkailusta vastaavaa lääkäriä, joiden pätevyyden STUK on todennut. Heistä 24 sai pätevyyden toteamispäätöksen vuoden 2011 aikana.

2.8 Radioaktiiviset jätteet

STUK ylläpitää radioaktiivisten jätteiden kansallista pienjätevarastoa. Merkittävimpien varastossa olevien jätteiden aktiivisuus tai massa on esitetty liitteen 1 taulukossa 17 ja varastoon vuonna 2011 kuljetettujen jätteiden määrät taulukossa 18.

2.9 Poikkeavat tapahtumat

Säteilyasetuksen (1512/1991) 17 §:n mukaan STUKille on ilmoitettava säteilyn käyttöön liittyvästä poikkeavasta tapahtumasta, jonka seurauksena turvallisuus säteilyn käyttöpaikalla tai sen ympäristössä merkittävästi vaarantuu. Samoin on ilmoitettava säteilylähteen katoamisesta tai anastuksesta tai lähteen joutumisesta muulla tavalla pois turvallisuuslupan haltijan hallusta. Ilmoitus on tehtävä myös muista poikkeavista havainnoista ja tiedoista, joilla on olennaista merkitystä työntekijöiden, muiden henkilöiden tai ympäristön säteilyturvallisuuden kannalta.

Vuonna 2011 sattui 43 tapausta, joihin liittyi tai epäiltiin liittyvän normaalista poikkeava tapahtuma tai tilanne ionisoivan säteilyn käytössä. Tapauksista 13 koski säteilyn käyttöä teollisuudessa, tutkimuksessa ja opetuksessa, 29 säteilyn käyttöä terveydenhuollossa ja 1 säteilylähteiden kuljetusta (ks. myös kohta 4.4 poikkeavista tapahtumista ionisoimattoman säteilyn käytössä). Poikkeavien tapahtumien lukumäärät vuosina 2002–2011 on esitetty kuvassa 3 (kohta 1.1).

Jäljempänä olevissa tapausselostuksissa on esitetty vuonna 2011 sattuneet poikkeavat tapahtumat ionisoivan säteilyn käytössä ja tapahtumien syyt sekä toimenpiteet, joihin kunkin tapahtuman johdosta on ryhdytty.

Tapahtuma 1

Isolla rakennustyömaalla gammaradiografiakuvausta suorittanut kuvausryhmä jätti gamma-lähteen (^{74}Se) sisältäneen säiliön vaille valvontaa valmistellessaan seuraavaa kuvauskohdetta. Valvontakierroksella oleva palotarkastaja havaitsi valvomattoman lähteen ja teki ilmoituksen. Tapahtumasta ei aiheutunut kenellekään ylimääräistä annosta, sillä laitetta ei vielä ollut asennettu mittauskuntoon.

Tapahtuma 2

Yliopiston kirjaston varastosta löytyi laatikosta metalliesineitä, joiden epäiltiin mukana olevien

asiakirjojen perusteella sisältävän sädehoidossa käytettyjä radiumlähteitä. Lähteitä oli käytetty 1930-1969. Laatikossa oli myös radiumpullo, jolla ohjeen mukaan voidaan valmistaa ”terveysvettä”. Radiumpullo oli peräisin todennäköisesti 1900-luvun alkupuolelta.

STUKin tarkastaja kävi varmistamassa ja säteilymittauksin toteamassa, mistä esineistä oli kyse. Sädehoidon lähteiksi epäillyt esineet eivät sisältäneet radiumia (^{226}Ra) tai muita radioaktiivisia aineita. Ne olivat radiumlähteiden tyhjiä käyttösuojuksia. Myöskään radiumpullon ei todettu sisältävän radiumia. Esineet jäivät yliopistolle museokäyttöön.

Tapahtuma 3

Terästehtaalla sattui 4 kertaa tapaus, jossa tehtaalle kierrätysmetallin mukana tullut ^{241}Am -lähde joutui metallisulatukseen. Tehtaan ulkopuolelle ei päässyt radioaktiivista ainetta eikä työntekijöille aiheutunut säteilyvaaraa. Lähteiden sulaminen ei saastuta sulatettavia metallieriä, koska suurin osa amerikumista jää prosessissa syntyneeseen kuonaan ja pieneltä osin savukaasupölyihin. Tällaisia tapauksia on saatunut myös aiempina vuosina. ^{241}Am -lähteen joutuminen sulatukseen johtuu siitä, että isotooppia on sen lähettämän pehmeän (60 keV) gammasäteilyn vuoksi vaikea havaita isosta metallimäärästä.

Tapahtuma 4

Teollisuuslaitoksessa asentaja meni hitsaamaan savukaasujen jäähdytysreaktorin halkeamia. Reaktorin kyljessä kiinni olevan säteilylähteen suojuksen suljinta ei saatu lukittua kiinni-asentoon. Asentaja päätti irrottaa säteilylähteen kiinnikkeistään ja kantoi sitä 3 metrin matkan sylissään säteilylähteen primäärikeilan ollessa suunnattuna pois päin hänestä itsestään. Asentajan ylävartalon ekvivalenttiannos on enintään 30 μSv . Toiminnan harjoittaja on pitänyt uudestaan turvallisuustarkastelun säiliötyölupamenettelyistä.

Tapahtuma 5

Asennusyrityksen työntekijä sai säiliön eristetöiden aikana ylimääräisen säteilyannoksen käsilleen. Säiliön pinnankorkeusmittarina olleen säteilylähteen suljin oli työn aikana auki-asennossa, ja asentajan kädet olivat hetken aikaa säteilykeilassa. Vastaavan johtajan tekemien mittausten ja

altistusajan perustella arvioitiin, että käsille saatu ekvivalenttiannos oli enintään 5 μSv . Tapahtuman syinä olivat asentajan piittaamattomuus varoitusmerkinnöistä sekä työn puutteellinen ohjeistus ja valvonta.

Tapahtuma 6

Kahvitauon jälkeen radiografiakuvaaja käynnisti röntgenlaitteen kuvauksen sokkeloisessa kuvauspaikassa. Kuvauspaikan syvennyksessä noin 6 m:n päässä röntgenputkesta istui toinen tehtaan työntekijä kahvitauolla hiljaa paikoillaan kuvausta tehtäessä. Kahvitauolta palannut kolmas työntekijä havaitsi tilanteen ja ilmoitti kuvaajalle, että kuvauspaikalla on työntekijä istumassa. Röntgenkuvaus ehti kestää 23 s. Kuvauksessa käytettiin 180 kV:n jännitettä. Työntekijän on arvioitu saaneen maksimissaan noin 5 μSv :n annoksen. Syynä on pidettävä puutteellista valvontaa röntgenkuvauksessa.

Tapahtuma 7

Säteilylähteiden lähettäjä oli pannut yhteen kaksi säteilylähdesuojusta, joihin oli sijoitettu neljä säteilylähdettä. Vastaanottajalle oli ilmoitettu kahdesta säteilylähteestä. Ilmoittamatta jätettyjen säteilylähteiden (^{137}Cs) aktiivisuus oli 18,5 GBq/lähde. Säteilylähteiden vastaanottajan arvioitiin saaneen noin 150 μSv :n ylimääräisen annoksen säteilylähteiden suojuksien purkutöissä. Syynä tapahtumaan oli luvaton säteilylähteiden siirto tilapäissuojuksiin ja säteilylähteiden ilmoittamatta jättäminen. Säteilylähteitä suojuksista purettaessa STUK kehotti aina käyttämään säteilyhälytintä.

Tapahtuma 8

Radioaktiivisia aineita myyvä toiminnan harjoittaja ilmoitti, että yrityksen varastosta on löytynyt ylimääräinen säteilylähde (^{137}Cs , 18,5 MBq). Lähteen toimitus valmistajalta asiakkaalle oli jostain syystä peruuntunut, ja lähde oli palautunut toiminnan harjoittajan varastoon. Säteilylähde toimitettiin tunnustetulle laitokselle.

Tapahtuma 9

Kaksi työntekijää oli teollisuuslaitoksessa tekevässä putkimuutostöitä. Vanhan putken poistamiseksi paikoiltaan oli ensin poistettava putkessa oleva säteilylähteen sisältävä tiheysmittari. Säteilylähdettä pois nostettaessaan eivät työntekijät

huomanneet lukita lähteen suojuksen salpaa kiinni-asentoon. Lähde oli kuitenkin nostettu lattialle siten, etteivät työntekijät joutuneet lähteen primäärikeilaan. Syynä altistusvaaraan oli annettujen ohjeiden noudattamatta jättäminen.

Tapahtuma 10

Vanhalta tehdasalueelta löytyi metallilieriö, jossa oli säteilyvaaramerkki. Valokuvien ja säteilyvaaramerkin tekstin perusteella STUK totesi, että kyseessä oli röntgenputki. STUK kehotti irrottamaan lieriöstä säteilyvaaramerkin, minkä jälkeen lieriö voitiin hävittää sähkö- ja metalliromuna.

Tapahtuma 11

Siirtolinjaan tuli vuoto, kun hiukkaskiihdyttimellä siirrettiin radioaktiivista liuosta. Vuodon seurauksena radioaktiivista liuosta päätyi kahden työntekijän käsille. Suojavarusteista huolimatta heidän kätensä kontaminoituivat. Tapahtuman arvioitiin aiheutuneen työntekijöiden käsille noin 15 mSv:n ja 4 mSv:n ekvivalenttiannokset.

Tapahtuma 12

Työntekijä sai noin kuukauden ajan ylimääräistä säteilyannosta tehdessään testikuvauksia röntgenlaitteella. Kuvaukset tehtiin huoneessa, jossa rakennusvirheen vuoksi osasta seinää puuttui lyijysuojus. Työntekijällä ei ollut käytössä henkilökohtaista annosmittaria, mutta mittausten ja työajan perusteella ylimääräiseksi annokseksi arvioitiin noin 40 μSv .

Röntgenlaitteella tehtävät testaukset keskeytettiin puutteen havaitsemisen jälkeen. Röntgenhuonetta ei käytetty, ennenkuin seinään oli lisätty tarvittava lyijysuojus. Korjausten jälkeen STUK teki kohteessa tarkastuksen, jossa todettiin, että myös muiden käytössä olevien kuvaushuoneiden suojuksissa oli pieniä puutteita. Tarkastuksessa määrättiin suojuksia vielä lisättäväksi ja annettiin myös muita määräyksiä säteilyturvallisuuden parantamiseksi (mm. annostarkkailu työntekijöille).

Tapahtuma 13

Lentokentällä röntgenlaitteen käyttäjä läpivalaisi itsensä tahallisesti läpivalaisulaitteella vastoin ohjeita. Tapahtumasta arvioitiin aiheutuneen henkilölle noin 3 μSv :n efektiivinen säteilyannos.

Tapahtuma 14

Tullin varastoa siivottaessa löytyi huolintaliikkeen konkurssipesän jäljiltä säteilylähde, joka oli osa Venäjälle matkalla ollutta laitekokonaisuutta. Yritys, jonka tehtäväksi oli annettu varaston siivoaminen, otti yhteyttä STUKiin. Lähetys ei ollut peräisin Suomesta, vaan kyseessä oli läpikulku. Konkurssipesän asiakkaille oli lähetetty pyyntö noutaa tavarat, mutta kyseessä ollutta erää ei ollut kukaan kaivannut. Lähetysten paperista ei jostain syystä käynyt ilmi, kuka oli vastaanottaja. Koska lähettä ei saatu toimitettua vastaanottajalle, STUK kehotti konkurssipesää toimittamaan lähteen hävitettäväksi tunnustetulle laitokselle.

Tapahtuma 15

Sairaalassa ladattiin potilaan eturauhaseen 82 kpl ¹²⁵I-jyviä. Seuraavana päivänä otettujen tarkistuskuvien perusteella todettiin, että 2 jyvää ei ollutkaan tarkoitettussa paikassa. Potilaasta otettiin keuhkokuva ja myös muita röntgenkuvia, joilla varmistettiin, etteivät jyvät olleet kulkeutuneet verenkierron mukana hiussuoniin. Myös laitteet ja tilat tarkastettiin, mutta puuttuvia jyviä ei löytynyt. Sairaalan roskat ja pyykki olivat jo lähteneet eteenpäin, joten niitä ei enää voitu tutkia.

Tapahtuma 16

Terveyskeskuksessa tehtiin tavanomainen thoraxkuvaus väärälle potilaalle. Potilas haettiin vuodeosastolta kuvaukseen ja haettaessa häneltä kysyttiin nimeä. Potilaan syntymäaikaa ei tarkistettu. Potilaalle kuvauksesta aiheutui noin 0,06 mSv:n efektiivinen annos. Potilaan kuvat jätettiin arkistoon mahdollista myöhempää tarvetta varten.

Tapahtuma 17

Sairaalassa tehtiin virtsateiden TT-tutkimus potilaalle, jonka todettiin tutkimusta seuraavana päivänä olevan raskaana. Potilaalle oli tehty raskaustesti tutkimusta edeltävänä päivänä, jolloin testi oli ollut negatiivinen. Sikiölle aiheutui arviolta noin 9,8 mSv:n efektiivinen annos.

Tapahtuma 18

Sairaalassa tehtiin thorax-TT-tutkimus väärälle potilaalle. Osastolla, josta potilas haettiin tutkimukseen, oli kaksi potilasta, joilla oli sama sukunimi ja jotka olivat samaa sukupuolta. Toimistolta osoitettiin potilaskuljettajalle väärä henkilö.

Potilaan nimeä ei kysytty, mutta hän hyväksyi hänelle tarjotun väärään nimen. Potilaan henkilötunnus jäi varmistamatta sekä potilaskuljettajalta että tutkimuksen tehneeltä hoitajalta. Potilaalle aiheutui tutkimuksesta noin 4 mSv:n efektiivinen annos. Kuvauksen suorittanut henkilökunta tuhosi kuvat huomattuaan erehdyksen.

Tapahtuma 19

Sairaalassa oltiin potilaalle (vuonna 1946 syntynyt nainen) suorittamassa pään TT-tutkimusta, johon kuului natiivi- ja varjoainesarjat. Toimenpiteessä natiivisarjan jälkeen potilaalle annetaan ohjaushuoneesta ohjattavalla varjoaineruiskulla varjoaine, minkä jälkeen odotetaan 3 minuuttia ennen kuvauksen suorittamista. Normaalikäytännön mukaisesti toinen hoitaja meni kuvaushuoneeseen seuraamaan varjoaineen ruiskutuksen sujumista. Ohjaushuoneessa ollut hoitaja käynnisti epähuomiossa kuvauksen heti varjoaineen ruiskuttamisen jälkeen. Kuvaushuoneessa ollut hoitaja ei ehtinyt poistua huoneesta ennen kuvauksen päättymistä. Potilaan kuvaus suoritettiin uudestaan 3 minuutin kuluttua varjoaineen ruiskuttamisesta. Potilaalle arvioitiin aiheutuneen noin 2 mSv:n ylimääräinen efektiivinen annos ja hoitajalle (säteilytyöluokan B työntekijä) korkeintaan noin 0,1 mSv:n efektiivinen annos. Annokset on arvioitu säteilyn käyttöpaikalla kuvausparametrien ja laitevalmistajan ilmoittaman sironneen säteilyn jakauman perusteella.

Tapahtuma 20

Potilaalle (11-vuotias poika) suoritettiin sairaalassa olkavarren murtumakontrollikuvaus (AP- ja PA-kuvat). Laitteistosta valittiin pienen potilaan AP-suunnan automaattikuvausohjelma, jolloin saatiin normaali valotus ja kuva. Seuraavaksi valittiin pienen potilaan PA-suunnan automaattikuvaus. Valotus ei katkennut normaalisti, mutta huomattuaan pitkän valotuksen äänen kuvaaja vapautti kuvauskytkimen. Sähkömäärän jälkinäyttö oli 204,7 mAs (AP-suunnassa 4,4 mAs). Tilanteen rekonstruktion jälkeen havaittiin, että kyseisessä ohjelmassa oli tehtaan jäljiltä kiinteä arvo (500 mAs). Ylimääräisen efektiivisen annoksen arviointi on vaikeaa. Aikuisen potilaan normaaliannos on noin 0,01 mSv, josta saadaan lapsipotilaan ylimääräiselle annokselle yläarvio $50 \times 0,01 \text{ mSv} = 0,5 \text{ mSv}$.

Tapahtuma 21

Naispotilaalle tehtiin sairaalassa läpivalaisututkimus. Potilaan antaman tiedon mukaan hän ei ollut raskaana. Noin 3–4 kuukautta myöhemmin oli samalle potilaalle tarve tehdä MRI-tutkimus, jolloin selvisi, että hän on ollut raskaana läpivalaisu-tutkimuksen aikana. Jälkikäteen arvioitiin sikiölle tutkimuksesta aiheutuneen 5 mSv:n annoksen.

Tapahtuma 22

Sairaalassa kolme potilasta sai erehdyksessä luustokuvaukseen tarkoitetun ^{99m}Tc -HDP:n sijasta 600 MBq ^{99m}Tc -perteknetaattia, mistä heille aiheutui 7,8 mSv:n ylimääräinen annos. Potilaille sovittiin uusi kuvausaika ja ylimääräinen annos kirjattiin potilastietoihin.

Tapahtuma 23

Sairaalassa tavanomaisella röntgenlaitteella kuvattaessa on laitteeseen toistuvasti jäänyt haamukuva edeltävästä kuvauksesta ja tutkimus on jouduttu uusimaan. Potilaille on aiheutunut uusintakuvauksista ylimääräistä säteilyrasitusta. Vian vuoksi on uusittu yhteensä noin kymmenen potilaan kuvaus. Vika on huomattu ensimmäisen kerran marraskuussa 2009. Laitteen epäillään luovan suuriannoksisen kuvauksen jälkeen virheellisen kalibrointitiedoston, joka aiheuttaa haamukuvan seuraavassa kuvauksessa. Laitevalmistaja selvittää asiaa ja myös Valviralle on asiasta ilmoitettu.

Tapahtuma 24

Sairaalassa tietokonetomografialaitteen huoltopäivityksessä tapahtuneen virheen vuoksi on potilaille aiheutunut tarpeettoman suuria kaulan TT-angioannoksia. Suuret annokset aiheutuivat mA-modulaation ja kohinatason säädön virheellisistä asetuksista. Annoksia aiheutui muutamalle kymmenelle päivityksen jälkeen tutkimuksissa käyneelle potilaalle.

Kyseisen laitteen annostuotto on mitattu ennen päivitystä, ja se varmistetaan jatkossa huoltokäyntien jälkeen. Myös annostasoja valvotaan. Potilaita ei kuvata, ellei annosoptimointia voida onnistuneesti toteuttaa.

Tapahtuma 25

Kuvattaessa potilaita PET-TT:llä ^{18}F -FDG:tä käytäen on potilaiden keskimääräinen kuvausaika on

25 min ja FDG:n kertymäaika 60 min. FDG annetaan potilaille 30 min välein, jotta kuvaukset voidaan suorittaa peräkkäin. Tällöin kuvattavan potilaan lisäksi kaksi potilasta odottaa osastolla kuvausta. Sairaalassa tehtiin usealle potilaalle PET-TT-tutkimusta rekka-PETillä. Neljännen potilaan kuvauksen jälkeen PET-TT-laitteiston kuvarekonstruktiovaiheessa havaittiin verkkoliikennevika. Vikaa ei saatu korjatuksi, eikä osastolla odotavia, jo FDG:n saaneita potilaita voitu kuvata. Laitevian vuoksi potilaille aiheutui 7,3 ja 7,0 mSv:n ylimääräiset säteilyannokset. Tapahtuma kirjattiin laatupoikkeamaksi. STUK kehotti ilmoittamaan tapahtumasta myös Valviralle.

Tapahtuma 26

Sekavan ja virheelttiin atk-järjestelmän johdosta annettiin lähete pään ja kaularangan TT-kuvaukseen väärälle potilaalle. Potilas ehdittiin kuvata ennen virheen huomaamista. Potilaalle aiheutunut efektiivinen annos oli noin 3,6 mSv.

Tapahtuma 27

^{99m}Tc :llä leimattua radioaktiivista lääkettä (8 GBq) sisältävä pullo oli jääkaapissa lyijysuojassaan. Lyijysuojan kantta ei ollut ruuvattu kiinni, vaan se oli irrallaan lyijysuojan päällä. Hoitajan ottaessa pullon jääkaapista lyijysuojan kansi ja pullo putosivat lattialle, pullo meni rikki ja radioaktiivinen aine levisi lattialle. Hoitaja puhdisti lattian asianmukaisesti (imeytti nesteen selluun, laittoi roskat radioaktiivisiin jätteisiin ja pesi lattia kahteen kertaan ja peitti lattian imupaperilla). Tämän jälkeen hän ilmoitti asiasta vastaavalle johtajalle. Hoitajan kädet ja vaatteet monitoroitiin, eikä kontaminaatiota havaittu eikä hänelle aiheutunut ylimääräistä annosta. Lattia peitettiin lyijylevyllä. Tapahtuma käsiteltiin osastokokouksessa ja toimintaohjeet kontaminaatitilanteessa päivitettiin.

Tapahtuma 28

Sairaalassa tehtiin vatsan TT-kuvaus väärälle potilaalle. Virhe johtui siitä, että osastolla oli kaksi samannimistä potilasta ja potilaskuljetajille toimitetussa lapussa luki ainoastaan potilaan nimi, ei henkilötunnusta. Potilaan henkilötunnusta ei tarkistettu myöskään kuvauksen yhteydessä. Potilaalle aiheutui 23 mSv:n efektiivinen annos. Sairaalan käytäntöihin on tehty muutoksia.

Vastaisuudessa mm. potilaskuljettajille toimitettuihin lappuihin kirjoitetaan potilaan henkilötunnuksen alkuosa.

Tapahtuma 29

Siivooja oli röntgenhuoneessa säteilytyksen aikana. Röntgenhoitaja oli käynnistänyt TT-laitteen päivittäisen ilmakalibroinnin ja poistunut sitten paikalta. Varotoimista (lukitukset, säteilyvaarakyltti) ja ohjeistuksesta huolimatta siivooja oli mennyt röntgenhuoneeseen ilmakalibroinnin aikana. Arvionsa mukaan hän ehti olla huoneessa noin 5 minuuttia. Siivoojalle aiheutui noin 0,07 mSv:n efektiivinen annos.

Tapahtuma 30

Varjoaine-TT-kuvauksessa röntgenhoitaja oli kuvaahuoneessa kuvauksen aikana. Röntgenhoitaja oli huonovointisen potilaan vieressä tarkistamassa, että varjoaine menee suoneen. Varjoaineen ruiskutuksen jälkeen hoitaja tarkisti vielä potilaan voinnin. Kuvaus oli ohjelmoitu alkamaan 60 sekunnin viiveellä. Kuvaaja ei huomannut varoittaa huoneessa ollutta hoitajaa, eikä hoitaja huomannut kuvauksen alkavan. Hoitaja oli noin 80 cm:n päässä primäärikeilasta kuvauksen ajan. Hoitajalle (säteilytyöluokan A työntekijä) on arvioitu aiheutuneen korkeintaan noin 0,2 mSv:n efektiivinen annos. Annos on arvioitu säteilyn käyttöpaikalla kuvausparametrien perusteella ja käyttämällä laadunvontafantomia potilasvasteena.

Tapahtuma 31

Potilaalle oltiin tekemässä PET-rekassa kokokehon PET-TT-tutkimusta ^{18}F -FDG:llä. Tutkimuksessa potilaalle suoritettiin ensin TT-kuvaus ja sen jälkeen PET-kuvaus. TT-kuvaus keskeytyi laitevirian vuoksi scout-vaiheessa. Laite ajettiin alas ja käynnistettiin uudelleen, minkä jälkeen se toimi normaalisti. Potilaan scout-kuvaus jouduttiin uusimaan. Potilaalle aiheutui tästä noin 0,2 mSv:n ylimääräinen säteilyannos.

Tapahtuma 32

Tehtäessä sairaalassa potilaalle luuston gamma-kuvausta radioaktiivisen lääkkeen injektio potilaaseen epäonnistui ja radioaktiivinen aine levisi pistopaikan läheisyyteen potilaan kyynärvarteeseen. Potilas siirrettiin heti injektion jälkeen kuvaukseen, jolloin huomattiin, ettei hänen verenkierrös-

saan ole riittävästi aktiivisuutta kuvausta varten. Potilaalle varattiin aika uusintakuvaukseen, joka suoritettiin onnistuneesti.

Tapahtuma 33

Sairaalassa oltiin tekemässä PET-TT-tutkimuksia rekka-PETillä käyttäen ^{18}F -FDG:tä. Ensimmäisen potilaan kuvauksen alkaessa laitteistossa havaittiin ohjelmistovika. Vikaa yritettiin korjata ensin itse ja sitten laitevalmistajan huollon avustuksella. Vikaa ei saatu korjatuksi, eikä potilaita voitu kuvata. Kahdelle potilaalle aiheutui heidän saamastaan FDG:stä 7,0 ja 5,8 mSv:n tarpeettomat säteilyannokset. STUK kehotti ilmoittamaan tälläkin tapahtumasta Valviralle.

Tapahtuma 34

Vartijaimusolmukekuvauksessa käytettävät paikannuslähteet (2 kpl ^{57}Co -lähdettä, kumpikin 7,4 MBq) katosivat lyijysuojassaan sairaalasta keväällä 2011. Säteilylähteitä säilytettiin isotoopiosaston radiofarmasian laboratorioissa, johon on rajoitettu pääsy. Potilaskuvauksista selvisi, että lähteitä oli viimeksi käytetty maaliskuun 2011 lopussa. Lähteitä etsittiin ja kaikkia työntekijöitä haastateltiin, mutta mitään ei selvinnyt. Ilmoitus STUKille tehtiin vasta elokuussa 2011. Tällöin lähteiden aktiivisuus oli noin 1,5 MBq (^{57}Co :n vapaaraja on 1 MBq). STUK muistutti, että säteilylähteitä on säilytettävä lukitussa paikassa, kun niitä ei käytetä.

Tapahtuma 35

Rintasyöpäpotilaalle injektioitiin radioaktiivinen lääke ($^{99\text{m}}\text{Tc}$:lla leimattu nanokolloidi) vartijaimusolmukkeen kuvausta varten. Kirurgi päätti kuitenkin, että kuvausta ei tarvitse tehdä. Potilaalle arvioitiin aiheutuneen noin 0,1 mSv:n säteilyannos.

Tapahtuma 36

Sairaalassa oli tulipalo. Palavan yksikön yläpuolella sijaitsevassa laboratorioissa oli verivalmisteen säteilytykseen käytettävä verensäteilytyslaite. Palosta aiheutui merkittävää vahinkoa myös laboratoriolle. Kaikki pinnat, myös verensäteilytyslaite peittyivät noella. Palon alkuvaiheessa myös lämpötila oli korkea. Kun palo oli saatu sammumaan, mitattiin säteilyn annosnopeus laitteen läheisyydessä, eikä se poikennut normaalista. Laitteen valmistajan edustaja kävi paikalla ja totesi, että lai-

tetta ei voi puhdistaa ja se on vaihdettava uuteen. Laite siirrettiin varastoon odottamaan palautusta valmistajalle.

Tapahtuma 37

Potilaalle tehtiin sairaalassa tavanomainen lisäkilpirauhastutkimus käyttäen kahta radioaktiivista lääkettä (^{123}I :lla leimattua NaI:a ja $^{99\text{m}}\text{Tc}$:llä leimattua MIBIä). Tutkimuksen jälkeen selvisi, että potilaalla on kilpirauhasen vajaatoiminta, eikä jodi kerry kilpirauhasen. Kilpirauhasen vajaatoiminta ei käynyt ilmi lähetteestä, eikä sitä myöskään tiedusteltu potilaalta ennen tutkimusta. Tapahtuman vuoksi tutkimus jouduttiin uusimaan. Potilaalle aiheutui 4,7 mSv:n säteilyannos turhasta tutkimuksesta. Lisäkilpirauhastutkimusprotokollaan lisättiin vaatimus, että kilpirauhasen vajaatoiminta on selvitettävä ennen tutkimusta. Myös sairaalan lähettävälle lääkäreille tarkoitettuun ohjeeseen lisättiin tämä asia.

Tapahtuma 38

Terveyskeskuksessa oli röntgenlaitteen käyttöliittymästä vahingossa otettu valotusautomaatti pois päältä thorax-PA-projektion kohdalta. Kaksi potilasta sai ylimääräistä annosta.

Tapahtuma 39

Lisäkilpirauhaskuvausten välissä tehtiin potilaalle myös TT-tutkimus leuan alueelta. TT-tutkimus rajattiin virheellisesti kilpirauhasen alueelle, jolloin yläleuka ei mahtunut kuvakenttään. Kuvaus jouduttiin uusimaan. Potilaalle aiheutui noin 0,2 mSv:n ylimääräinen annos.

Tapahtuma 40

Sairaalassa olevalle potilaalle annettiin aamulla radioaktiivinen lääke ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HDP) luustokuvausta varten. Pyydettyä potilasta kuvaukseen noin

kolmen tunnin kuluttua hoitava lääkäri ilmoitti, että potilasta ei kuvata hänen huonon kuntonsa vuoksi. Potilaalle aiheutui 3,4 mSv:n annos.

Tapahtuma 41

Sairaalassa oli laitetoimittajan tekemän huollon yhteydessä jäänyt mammografialaitteesta ruuvi irti. Ruuvi tuli viistokuvassa mukaan potilaskuvaan, minkä seurauksena kuvaus uusittiin. Vastaavaa on tapahtunut myös aiemmin huollon yhteydessä. Potilaalle aiheutui laitteen annosnäytön mukaan pinta-annosta 8,7 mGy ja rauhaskudosannosta noin 1,6 mGy. Efektiivisenä annoksena aiheutunut annos on suuruusluokaltaan noin 0,3 mSv (tyypillinen mammografiakuvauksesta aiheutuva annos). Tapauksesta ilmoitettiin laitetoimittajan edustajalle. Korjaavana toimenpiteenä laitetoimittaja lupasi kiinnittää huomiota ruuvien kiinnitykseen ja testata laitteen myös viistokuvilla huollon jälkeen.

Tapahtuma 42

Potilaalle tehtiin epähuomiossa kaksi TT-tutkimusta. Hänelle oli tarkoitus tehdä keuhkoemboliatutkimus, mutta sen lisäksi hän sai lähetteen myös saman osaston toiselle potilaalle tarkoitettuun vatsan TT-tutkimukseen. Potilaalle aiheutunut ylimääräinen efektiivinen annos oli noin 3,3 mSv.

Tapahtuma 43

Sydämen TT-angiotutkimuksen kuvat tuhoutuivat sairaalassa TT-laitteen työasemalta ennen kuin niitä ehdittiin analysoida. Tuhoutuminen johtui laitteen liian täydestä kovalevystä ja automaattisesta kuvien poisto-toiminnosta. Tutkimus uusittiin. Potilaalle aiheutunut ylimääräinen efektiivinen annos oli noin 14,4 mSv.

3 Luonnonsäteilylle altistavan toiminnan valvonta

3.1 Radon työpaikoilla

Vuoden 2011 aikana STUK sai ilmoituksen yhteensä 285:sta radonmittauksen tuloksesta, jotka koskivat joko työpisteessä mitattua radonpitoisuuden toimenpidearvon (400 Bq/m³) ylitystä tai olivat aiemmin todettuihin ylityksiin liittyviä lisäselvityksiä. Mittaustulosten perusteella yrityksiin lähetettiin yhteensä 114 pöytäkirjaa, joissa vaadittiin tehtäväksi radonkorjaus tai työnaikaisen radonpitoisuuden selvitys 98 työpisteessä ja mittausta toisena vuodenaikana vuosikeskiarvon määrittämiseksi 42 työpisteessä. Näiden lisäksi 31 muuhun yritykseen lähetettiin määräys selvittää työpaikan radonpitoisuudet. Kyseiset yritykset sijaitsevat alueilla, joilla tiedetään esiintyvän suuria radonpitoisuuksia.

Työpaikoilla tehtiin onnistuneita radonkorjauksia vuoden aikana 37 työpisteessä. Lisäselvitysten (työnaikainen mittausta tai vuosikeskiarvon määrittäminen) perusteella STUK lopetti valvonnan 42 työpisteessä. Muun syyn (esimerkiksi lyhyen työajan tai tilojen käytöstä poiston) vuoksi valvonta lopetettiin yhteensä 69 työpisteessä. STUKin valvonnassa oli vuoden aikana 166 työpaikkaa ja näissä yhteensä 288 työpistettä.

Säännönmukainen radontarkastus tehtiin 7 maanalaisessa kaivoksessa, joissa kaikissa radonpitoisuuden keskiarvo oli toimenpidearvoa pienempi.

Maanalaisia louhintatyömaita tarkastettiin 17 kappaletta. Näistä noin kaksi kolmasosaa oli Helsingin Länsimetron louhintaurakoita. Yhdellä louhintatyömaalla radonpitoisuuden keskiarvo ylitti toimenpidearvon ensimmäisessä mittauksessa, mutta ilmanvaihdon parantamisen jälkeen radonpitoisuus saatiin sallitulle tasolle. Lisäksi yhdelle lyhytkestoiselle työmaalle, jossa radonpitoisuus oli suuri, annettiin määräys kirjata työntekijöiden työajat ylös sen varmistamiseksi, että

työntekijöiden radonaltistus jää riittävän pieneksi.

Työntekijöiden radonaltistusta seurattiin säännöllisten radonmittausten ja työaikaseurannan avulla 5 tavanomaisella työpaikalla, joissa radonpitoisuus ylitti toimenpidearvon. Radonaltistuksen seurannassa oli vuoden 2011 aikana yhteensä 21 työntekijää.

Vuoden 2011 aikana ei tehty yhtään uutta radonmittalaitteen hyväksyntäpäätöstä. STUKin www-sivuilla (Säteilyn käyttö/ProInfo – verkkopalvelu säteilyn käyttäjille) on luettelo organisaatioista, joiden mittausten menetelmät on hyväksytty ohjeen ST 1.9 vaatimusten mukaisesti ja jotka ovat antaneet luvan julkaista nimensä hyväksytyjen listalla. Hyväksynnän edellytyksenä on, että mittalaite on asianmukaisesti kalibroitu.

3.2 Muu maaperästä tuleva luonnonsäteily

STUK valvoo talousveden, rakennusmateriaalien ja muiden materiaalien sisältämistä luonnon radioaktiivisista aineista aiheutuvaa altistusta. Vuoden 2011 aikana laadittiin 9 tarkastuspöytäkirjaa, jotka koskivat rakennusmateriaalien radioaktiivisuutta. Pöytäkirjoissa annettiin tarvittaessa rajoitukset materiaalien käytölle. Talousveden radioaktiivisuudesta laadittiin tarkastuspöytäkirjat yhteensä 3 vesilaitokselle tai elintarvikkeiden valmistajalle. Näistä yhdelle annettiin määräys radonpitoisuuden pienentämiseksi vedestä. Vuoden aikana annettiin lausunto yhdestä uraanivaltaushakemuksesta. Lisäksi osallistuttiin YVA-selostuksia, YVA-ohjelmia sekä kaivos- ja rikastustoimintaan liittyvää lupahakemusta koskevien lausuntojen laatimiseen.

Vuonna 2011 tehtiin 2 tarkastusta luonnon radioaktiivisia aineita sisältäviä materiaaleja käsitteleville teollisuuslaitoksille. Kummassakin

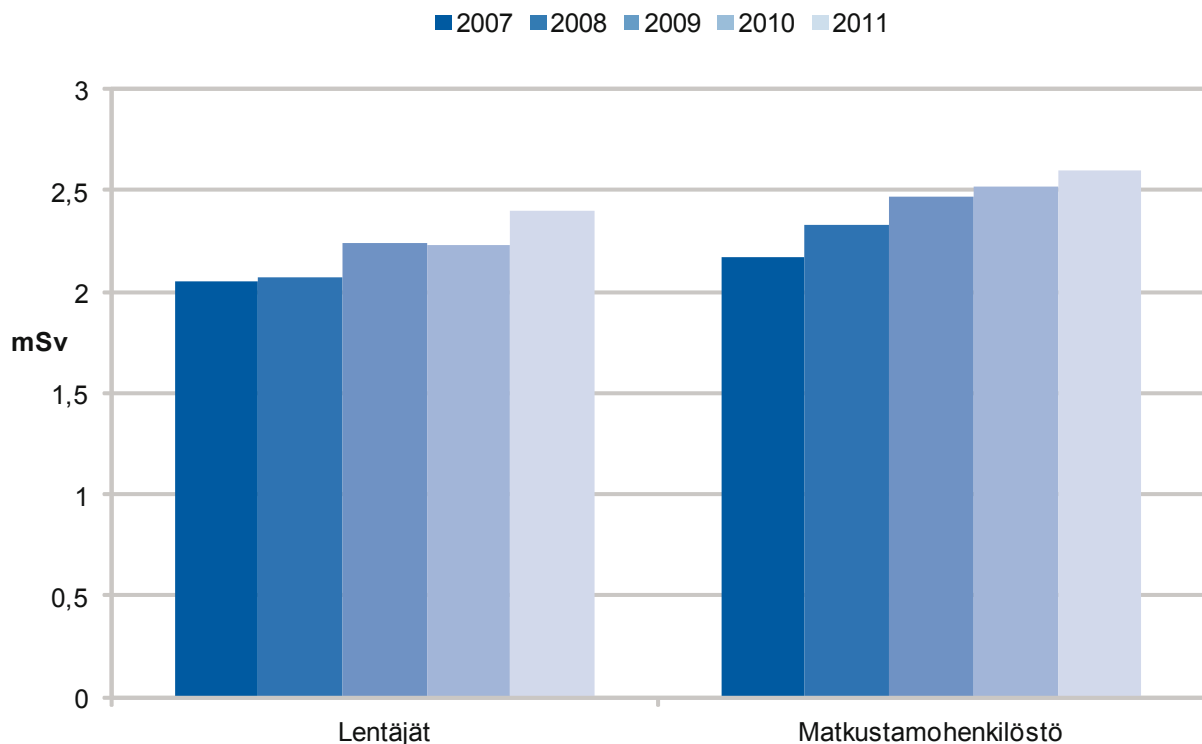
tapauksessa työntekijöiden säteilyaltistuksen todettiin olevan niin pientä, etteivät erityiset lisätoimenpiteet ole tarpeen altistuksen rajoittamiseksi.

3.3 Avaruussäteily

Vuodelta 2011 kirjattiin STUKin annosrekisteriin 6 lentoyhtiön työntekijöiden annostiedot. Yhdenkään työntekijän vuotuinen annos ei ylittänyt ohjeessa ST 12.4 asetettua 6 mSv:n raja-arvoa. Suurin avaruussäteilystä aiheutunut henkilökohtainen vuosiannos lentäjällä oli 4,7 mSv ja matkustamohenkilöstöön kuuluvalla työntekijällä 5,3 mSv.

Lentäjien vuosiannosten keskiarvo vuonna 2011 oli 2,4 mSv ja matkustamohenkilöstöön kuuluvien työntekijöiden 2,6 mSv. Keskimääräiset annokset vuosina 2007–2011 on esitetty kuvassa 6.

Lentohenkilöstöön kuuluvien työntekijöiden kokonaismäärä kasvoi noin 6 % edellisestä vuodesta. Kokonaisannos kasvoi lähes 10 % edelliseen vuoteen verrattuna. Henkilökohtaisessa säteilyaltistuksen seurannassa olleiden työntekijöiden lukumäärät ja työntekijöiden kokonaisannos esitetään liitteen 1 taulukossa 19.



Kuva 6. Lentohenkilöstön keskimääräiset annokset vuosina 2007–2011.

4 Ionisoimattoman säteilyn käytön valvonta

4.1 Yleistä

Ionisoimattomalla säteilyllä tarkoitetaan ultra-violettisäteilyä, näkyvää valoa, infrapunasäteilyä, radiotaajuisia säteilyä sekä pientaajuisia ja staattisia sähkö- ja magneettikenttiä. STUK valvoo ionisoimatonta säteilyä aiheuttavia toimintoja (joskaan valvonta ei ole suoraan rinnastettavissa ionisoivan säteilyn käytön valvontaan):

- Keskeisin valvontakohde vuodesta 1995 lähtien ovat olleet solariumlaitteet ja niiden käyttöpaikat.
- Toinen tärkeä kohde ovat matkapuhelimet, joiden markkinavalvonta aloitettiin vuonna 2003.
- Vaatimustenvastaisten ja silmävaarallisten osoitinlaserien käyttäminen häirintään on lisääntynyt. STUK alkoi vuonna 2009 sosiaali- ja terveysministeriön (STM) ja Tullin kanssa sovitun mukaisesti valvoa sellaisia laserlaitteita, jotka on tarkoitettu pääasiallisesti kuluttajakäyttöön.
- Yleisoesityksissä käytettävien suuritehoisten laserlaitteiden valvonta aloitettiin jo 1980-luvun loppupuolella. Niiden käyttö on jälleen lisääntynyt kehittyneen laserteknologian (puolijohdelaserit) ja alentuneiden hintojen myötä.
- Sysäyksen tatuoinninpoistolaserien valvonnan tehostamiselle vuonna 2011 antoi paha ihon palamistapaus tatuoinninpoiston yhteydessä (ks. kohta 4.2 Laserlaitteiden valvonta ja kohta 4.4).
- Yleisradio- ja tutka-asemia on tarkastettu muutamia vuosittain.

NIR-yksikön suoritteet ionisoimattoman säteilyn käytön valvonnassa vuosina 2002–2011 on esitetty liitteen 1 taulukossa 20. Viranomaistarkastuksiin verrattavissa olevat Tullin ja maahantuojien (myös yksityishenkilöt) lukuisat (noin 50) selvityspyynöt ja kyselyt laserlaitteiden maahantuonnista ovat edellisen vuoden tapaan lisänneet laservalvonnan tarvetta.

4.2 Optinen säteily

Solariumlaitteiden valvonta

Solariumien käyttöpaikkoja tarkastettiin 7 kpl (liite 1, taulukko 21). Niistä kuitenkin 2 oli lopettanut toimintansa. Viidessä toiminnassa olleessa paikassa tarkastettiin yhteensä 19 solariumlaitetta. Tarkastetuista paikoista 3 toimi itsepalveluperiaatteella, 1 kauneushoitolana ja 1 kynsistudion yhteydessä. Yksikään käyttöpaikka ei selvinnyt ilman huomautuksia. Yhdessä itsepalvelupaikassa asiakas oli polttanut itsensä liian voimakkaiden UV-lamppujen takia. Muuten tarkastettujen laitteiden UV-säteilyn voimakkuudet olivat sallituissa rajoissa. Käyttöohjeisiin liittyviä puutteita oli jokaisessa käyttöpaikassa. Kahdessa käyttöpaikassa käyttöohjeissa suositeltiin liian pitkiä aloitusaikoja. Vaatimustenvastaisia kosmetiikkamainoksia oli yhdessä käyttöpaikassa.

STM:n johdolla osallistuttiin säteilylain muutoksen valmisteluun. Lainmuutoksessa solariumtoiminnan harjoittajia kielletään altistamasta alle 18-vuotiasta henkilöä solariumien säteilylle ja lisäksi vaaditaan, että solariumtoiminnan harjoittajan on valvottava asiakkaiden ikää ja että käyttöhenkilökunnan on opastettava asiakkaita solariumin käytössä. Muutos astuu voimaan todennäköisesti 1.7.2012. Toiminnan harjoittajien on alettava noudattaa opastamisvelvoitteita ja tietojen nähtävillä pitämistä koskevia velvoitteita 6 kuukauden kuluttua lakimuutoksen voimaantulosta. Velvoitteita vastuuhenkilön nimeämisestä, opastamisvastuusta sekä tarvittaessa iän tarkastamisesta on noudatettava viimeistään, kun 36 kuukautta on kulunut muutoksen voimaantulosta. STUK alkaa valvoa, että toiminnan harjoittajat noudattavat velvoitteitaan porrastettujen siirtymäaikojen (6 ja 36 kk) jälkeen.

Lakimuutosta koskevan tiedotusmateriaalin valmistelu aloitettiin vuonna 2011 ja materiaalin viimeistely tapahtuu vuonna 2012 ennen muu-

toksen voimaantuloa. Uudistettavina ovat myös solariumlaitteiden säteilyturvallisuusvaatimuksia ja valvontaa koskeva ohje ST 9.1 sekä solariumjuoste, jonka STUK on velvoittanut pitämään esillä solariumlaitteen läheisyydessä. STUKin [www-sivuille](#) tehdään K-18-kampanjasivusto, jonka pääkohderyhmänä ovat nuoriso (nuoret naiset) ja solariumyrittäjät, joihin lakimuutoksella tulee olemaan suurin vaikutus.

Laserlaitteiden valvonta

Vuonna 2011 valvottiin tehostetusti tatuoinninpoistolasereita. Alkusysäyksen tehostetulle valvonalle antoi ihon palamistapaus tatuoinninpoistotoimenpiteen yhteydessä. Ihon palamistapausten aiheuttaneen laserlaitteen vaatimustenmukaisuus ja teho selvitettiin. Laitteen käyttöohjeessa olleiden säteilytehotietojen mukaan laite kuului laser-turvallisuusluokkaan 4, mutta laitteessa olleiden merkintöjen mukaan luokkaan 3B ja laitteen vaatimustenmukaisuustodistuksen mukaisten testausraporttien mukaan luokkaan 2M. STUK testautti laitteen SP:ssä Ruotsissa. Laite kuului turvallisuusluokkaan 4 eikä täyttänyt kaikkia standardin EN 60825-1 mukaisia turvallisuusvaatimuksia. Laitteen maahantuoja veti vapaaehtoisesti laitteet pois markkinoilta ja keräsi takaisin myymänsä laitteet asiakasrekisterinsä perusteella. Käytössä olleita laitteita kerättiin takaisin 8 kpl.

Jatkotoimenpiteenä edelliselle tapaukselle lähetettiin syksyllä selvityspyyntö kaikkiin niihin 11 tatuointipaikkaan, jotka internetissä tehdyn haun perusteella ilmoittivat tekevänsä tatuoinninpoistoa laserilla. Selvityspyyntöä ei enää lähetetty niihin paikkoihin, joissa oli ollut käytössä saman laitetuottajan laite kuin edellisessä kappaleessa kuvatussa palamistapauksessa. Niille oli aikaisemmin lähetetty STUKista kirje, jossa oli kerrottu lyhyesti laserlaitteiden käytön vaatimuksista sekä syy siihen, miksi maahantuoja oli kerännyt laitteet takaisin. Selvityspyyntöjen perusteella annettiin 5 toiminnan keskeyttämismääräystä. Loput tatuointipaikoista, joihin selvityspyyntö lähetettiin, olivat joko lopettaneet aikaisemmin tatuoinnin poistamisen laserilla tai laserlaite oli jo kerätty takaisin maahantuojan toimesta.

Lasershowesityksiä tarkastettiin käyttöpaikalla yhteensä 10 kpl. Lisäksi siirrettävälle laserlaitteistolle hyväksynnän saaneilta toiminnanharjoittajilta saatiin 11 ilmoitusta esityksistä. Kahdessa

asiakaspalautteen kautta saadussa tapauksessa pyydettiin ilmoittamattomasta laseresityksestä lisätietoja ja kerrottiin laseresityksiä koskevat vaatimukset. Nämä esitykset peruttiin STUKin lisätietopyyntöjen jälkeen. Tarkastuksissa turvajärjestelyt ja lasersäteiden suuntaaminen olivat pääosin vaatimusten mukaisia.

Markkinavalvontamittauksia tehtiin 3 laserosoittimelle ja yhdelle lelujoussipyssylle, jossa oli lasertähtäin. Yhtä osoitinta oli käytetty häirintätarkoituksessa (ks. kohta 4.4). STUKin mittauksen mukaan kyseessä oli luokan 3B laser, jonka teho oli 18 mW. Se ylitti laserosoittimille sallitun tehon 18-kertaisesti. Poliisi takavarikoi laserosoittimen. Lelujoussipyssyn lasertähtäimen teho 1,36 mW ylitti leluille sallitun luokan 1 tehorajan (0,39 mW) noin 3,5-kertaisesti. Tulli ei päästänyt lelujoussipyssyä markkinoille.

Huuto.net-myyntipalstalle lähetettiin 42 myynti-ilmoituksen poistopyyntöä liian tehokkaiden laserosoittimien takia. Tämän lisäksi tehtiin internetin kautta myytävistä laserosoittimista ja -valaisimista 5 selvityspyyntöä. Osa laserlaitteista osoitettiin vaatimustenmukaisiksi maahantuojien/myyjien toimesta ja osan he poistivat myynnistä vaatimustenvastaisina.

Tulli pyysi STUKilta 44 kertaa neuvoa EU:n ulkopuolelta tulevien lasereiden päästämisestä maahan. Näistä 14 tapauksessa laserlaitteet tai niiden komponentit sai luovuttaa vapaaseen liikkeeseen, koska ne eivät kuuluneet valtioneuvoston asetuksen (291/2008) tyyppitarkastuksen piiriin. Valtaosa paristikäyttöisistä laserlaitteista, joita ei päästetty maahan, oli laserosoittimia. Niiden maahantuonti evättiin tyyppitarkastustodistusten puuttumisen tai liian suuren tehon vuoksi. Suurimmat tehot olivat 200 mW, kun kuluttajakäyttöön sallitaan vain 1 mW:n laitteet.

4.3 Sähkömagneettiset kentät

Langattomien päätelaitteiden markkinavalvonta
STUK käynnisti matkapuhelimien markkinavalvonnan vuonna 2003. UMTS-puhelimien markkinavalvonta aloitettiin vuonna 2007. Säteilytestauksia on tähän mennessä tehty yhteensä 115 matkapuhelimelle (liitteen 1 taulukko 22). Vuonna 2011 GSM- ja UMTS-tyyppisiä matkapuhelimia testattiin yhteensä 5 kpl. Suurin mitattu SAR-arvo oli 1,07 W/kg. Tämä arvo ei ylittänyt STM:n asetuk-

sen (294/2002) enimmäisarvoa 2 W/kg.

Muu valvonta

Tukiasemien mittauskampanjassa kerättiin mitaustietoa tukiasemien radiotaajuisesta säteilystä yhteensä 30 kohteessa. Tällä perusteella valmisteltiin luonnos tukiasema-antennien asennusta ja turvamerkintöjä koskevasta suosituksesta. Projekti jatkuu vuonna 2012.

4.4 Poikkeavat tapahtumat

Poikkeavasta tapahtumasta ilmoittaminen, jota säteilyasetuksen 17 § edellyttää (ks. kohta 2.9), koskee myös tapahtumia ionisoimattoman säteilyn käytössä. Vuonna 2011 STUKille tuli 3 ilmoitusta ionisoimattoman säteilyn aiheuttamista tapahtumista, jotka vaativat välittömiä toimenpiteitä.

Poikkeavien tapahtumien lukumäärät vuosina 2002–2011 on esitetty kuvassa 3 (kohta 1.1).

Tapahtuma 1

Liian voimakkaan tatuoinninpoistolaserin käytämisestä ilmoitti tamperelainen ihotautilääkäri, jonka potilas oli saanut ihon arpeuttaneet palovammat tatuoinninpoistokäsittelyssä. STM:n asetuksen (294/2002) mukaan lasersäteily ei saa aiheuttaa kudosvaurioita eivätkä iholle kohdistuvan lasersäteilyn energia-tiheys ja irradianssi saa ylittää standardissa EN 60825-1 esitettyjä arvoja. Asetuksen enimmäisarvot eivät koske lääkärin määräämiä tutkimus- tai hoitotoimenpiteitä eikä lääkärin valvomaan asianmukaisesti hyväksyttyä tieteellistä tutkimusta. Lääkäri teki huhtikuussa 2011 STUKin toiminnasta kantelun eduskunnan oikeusasiamiehelle, joka totesi syyskuussa 2011 kirjatussa lausunnossaan, että STUKin olisi tullut ryhtyä laajemmin konkreettisiin valvontatoimenpiteisiin käytettävissään olleiden, kosmetiikkalaserlaitteiden vaarallisuutta koskevien tietojen perusteella. STUKin antoi tammikuussa 2012 oikeusasiamiehelle selvityksen niistä konkreettisista

valvontatoimenpiteistä, joihin se tatuoinninpoistolasereiden tarkastamisessa ryhtyi (ks. kohta 4.2 Laserlaitteiden valvonta).

Tapahtuma 2

Toiminnan harjoittaja oli vaihtanut itsepalveluperiaatteella toimivan solariumstudionsa pystymalaiseen laitteeseen liian voimakkaat UV-lamput, mikä johti solariumasiakkaan ihon palamiseen. Ihonsa polttanut asiakas sai laitteessa 12 minuutin aikana UV-säteilyä kerta-annoksena noin 680 J/m², joka on noin seitsemäsosa STM:n asetuksessa (294/2002) sallitusta vuosiansiannoksesta. Laitteen eryteemaefektiivinen annosnopeus oli noin 3,1-kertainen sallittuun (0,3 W/m²) verrattuna. Vaatimustenmukaisilla lampuilla punehtumisaika herkälle iholle olisi vähintään 11 minuuttia. Asiakkaan polttaessa itsensä solariumissa olevilla lampuilla punehtumisaika oli vain 3,5 minuuttia. Paikallinen terveystarkastaja kielsi laitteen käytön siihen saakka, kunnes STUK on mittauksin varmistanut, että laitteen UV-säteilyn voimakkuus on sallituissa rajoissa. STUKin tarkastuksen jälkeen laitteeseen asennettiin vaatimustenmukaiset UV-lamput, minkä jälkeen laitteen käyttöä voitiin jatkaa.

Tapahtuma 3

Pietarsaaren poliisi ilmoitti STUKille, että nuori mies osoitteli autosta vihreällä laserosoittimella Pietarsaaren keskustassa. Lasersäde osui yhden henkilön silmään, mutta tapahtumasta ei liene aiheutunut hänelle pysyviä silmävammoja. STUKin mittauksen mukaan kyseessä oli luokan 3B laser, jonka teho oli 18 mW. Mitattu teho ylitti laserosoitimille sallitun tehon 18-kertaisesti. Teho oli lisäksi 3,6-kertainen verrattuna luokan 3B alarajaan 5 mW, jonka ylittyessä lasersäteiden vaarallisuus silmän verkkokalvolle alkaa kasvaa nopeasti. Poliisi takavarikoi laserosoitimen.

5 Säännöstötyö

ST-ohjeet

Säteilylainsäädännön mukaisen turvallisuustason toteuttamista varten STUK julkaisee säteilyn käyttäjille ja luonnonsäteilylle altistavan toiminnan harjoittajille tarkoitettuja ST-ohjeita. Ohjeet käännetään myös ruotsiksi ja englanniksi.

Vuonna 2011 julkaistiin seuraavat ohjeet:

- ST 1.4 Säteilyn käyttöorganisaatio
- ST 1.10 Säteilylähteiden käyttötilojen suunnittelu
- ST 2.1 Sädehoidon turvallisuus
- ST 3.1 Hammasröntgentutkimukset terveydenhuollossa

- ST 5.7 Radioaktiivisen jätteen ja käytetyn ydinpolttoaineen siirrot
- ST 12.1 Säteilyturvallisuus luonnonsäteilylle altistavassa toiminnassa.

Muu säännöstötyö

NIR-yksikkö osallistui STM:n johtamaan säteilylain muutoksen valmisteluun. Muutos astuu voimaan todennäköisesti 1.7.2012 ja sillä on tarkoitus kieltää solariumlaitteiden käyttö alle 18-vuotiailta (ks. myös kohta 4.2).

6 Tutkimus

STUKin tutkimustoiminnan tavoitteena on tuottaa uutta tietoa säteilyn esiintymisestä ja sen haittavaikutuksista ja niiden torjumisesta sekä säteilylähteiden ja säteilyn käyttömenetelmien turvallisuudesta ja optimoidusta käytöstä. Tutkimus tukee säteilyn käytön viranomaistoimintaa ja onnettomuusvalmiuden ylläpitoa.

Säteilyn käyttöön liittyvän tutkimuksen tavoitteena on lisäksi parantaa tietämystä ja asiantuntemusta säteilyn käytössä ja varmistaa luotettava säteilyn mittaaminen.

6.1 Ionisoiva säteily

Ionisoivan säteilyn tutkimuksesta pääosa liittyy säteilyn lääketieteelliseen käyttöön ja painottuu potilaan säteilyturvallisuuteen. Tutkimustyölle on kasvava tarve tutkimus- ja hoitomenetelmien nopean kehityksen vuoksi. Tutkimus- ja kehitystyötä tehtiin seuraavassa esitetyissä projekteissa.

IAEA-dosimetriaohjeistuksen laajentaminen (röntgendiagnostiikka)

Vuonna 2006 käynnistetyn ja vuonna 2010 loppuun saatetun diagnostiikan dosimetriaohjeiston testausta koskevan IAEA:n tutkimushankkeen tulokset julkaistiin.

Vuonna 2010 käynnistyneessä uudessa hankkeessa kehitetään olemassa olevan IAEA-dosimetriaohjeistuksen laajennuksia mm. lasten kuvantamiseen, toimenpideradiologian ihoannosten määrittämiseen ja uusiin kuvantamistekniikoihin. Hankkeessa arvioidaan myös elinannosten määrittämismenetelmiä ja kyseisiin menetelmiin liittyviä epävarmuuksia. Vuonna 2011 STUK järjesti kyselyn, jossa kartoitettiin menetelmiä, joita sairaalat käyttävät potilasannosten määrittämiseen. Lisäksi STUKissa on tarkasteltu efektiivisen annoksen soveltuvuutta potilaan altistuksen ja syöpäriskin arviointiin. Hanke jatkuu vuoteen 2013.

Eurooppalainen metrologian tutkimusohjelma EMRP (European Metrology Research Programme)

Vuonna 2008 käynnistyneet yhteisrahoitteiset sädehoidon tutkimushankkeet päättyivät. Hankkeissa kehitettiin ja testattiin sädehoidon valvontamenetelmiä. Näiden menetelmien avulla parannetaan sisäisen sädehoidon tarkkuuden valvontaa ja ulkoisen sädehoidon valvontaa uusissa hoitotekniikoissa, kuten intensiteettimuokatassa sädehoidossa. Ulkoisen sädehoidon hankkeessa kehitettiin mm. lantion alueen ihmismalli ja filmidosimetriaan perustuva annosmäärittämis menetelmä valvontakäyttöön. Projektin tuloksista raportoitin mm. projektien loppukonferenssissa marras-joulukuussa Saksassa.

Vuonna 2011 käynnistyi uusi yhteisrahoitteinen metrologiaohjelman tutkimushanke, jossa kartoitetaan kierrätysmetallia käyttävien metallisulattamoiden menetelmiä radioaktiivisten aineiden havainnointiin ja kehitetään menetelmä, jonka avulla lopputuotteena syntyvän teräksen aktiivisuuspitoisuus voidaan yhtenäisesti määrittää EU-alueen terästuotannossa. Tähän tarkoitukseen kehitetään myös referenssilähteitä. Projektin tavoitteena on lisätä romumetallia käyttävien sulattamoiden säteilyturvallisuutta ja luoda yhtenäinen menetelmä teräksen kontaminaatiotason määrittämiseen.

Neutronimittausmenetelmän kehittäminen

Maanpuolustuksen tieteellisen neuvottelukunnan (MATINE) rahoittamassa hankkeessa tutkittiin keinoja ^3He :een perustuvien neutroni-ilmaisimen korvaamiseen. Hankkeessa kehitettiin menetelmä havainnoida neutronisäteilyä lähettäviä aineita epäsuorasti käyttäen apuna viritysreaktioita, joita neutronit aiheuttavat väliaineissa. Viritysreaktioiden tuottama gammasäteily mi-

tattiin NaI-tuikeilmaisimella. Lisäksi tutkittiin mahdollisuutta käyttää kehitettyä menetelmää neutronilähteen tunnistamiseen – tulosten perusteella fissiolähteiden (kuten ^{252}Cf) ja tyypillisen, teollisuudessa käytetyn AmBe-lähteen erottelu toisistaan on mahdollista. Hankkeen jatko-osa, jossa kehitetään spektrometrisiä neutronimittauksia, käynnistyy vuonna 2012.

Opinnäytetyöt

Opinnäytetöiden tuloksia voidaan hyödyntää STUKin toiminnassa tai tulokset vaikuttavat säteilyturvallisuuden paranemiseen Suomessa.

Kompressiolevyn aiheuttama eteenpäinsironta mammografian dosimetriassa

Mammografiakuvauksessa kompressiolevyn avulla tehtävä puristus parantaa kuvanlaatua ja pienentää kuvattavan säteilyaltistusta. Tässä Pro Gradu –tutkielmassa selvitettiin kompressiolevyn optimaalista asettelua annosmittauksia tehtäessä. Työn tulosten perusteella on suositeltavaa asettaa kompressiolevy mahdollisimman kauas mittarista ja käyttää erillistä eteenpäinsirontakerrointa.

6.2 Ionisoimaton säteily

Pääosa ionisoimattomaan säteilyyn liittyvästä tutkimus- ja kehitystyöstä tehtiin seuraavassa esitettyjen yhteisrahoitteisten (YHR) tutkimusprojektien WIRECOM/RFDOS ja EMRP-NIR puitteissa.

WIRECOM/RFDOS-projekti

WIRECOM/RFDOS-projektiin osallistuttiin yhteistyössä Turun Yliopiston (TY) ja Työterveyslaitoksen (TTL) kanssa. Tutkimuksessa altistettiin koehenkilöitä matkapuhelimen säteilylle ja tutkittiin säteilyn vaikutuksia erilaisin menetelmin (mm. PET-kuvaus, lämpötilan monitorointi ja veren virtauksen mittaaminen lähi-infrapunaspektroskopian avulla). Koehenkilöaltistuksiin käytetty laitteisto valmistettiin STUKissa ja sitä käytettiin kahdessa TY:n ja yhdessä TTL:n koeasetelmassa. Koehenkilöiden tarkka altistustaso määritettiin laskennallisesti FDTD-menetelmällä.

Projekti päättyi NIR-yksikön osalta virallisesti jo vuoden 2010 lopussa, mutta tekninen loppura-

portti lähetettiin TEKESille (yksi projektin rahoittajista) huhtikuun 2011 lopussa. TY:n ja TTL:n tekemien biologisten tutkimusten käsikirjoituksiin laadittiin altistuslaitteistoa ja dosimetriaa kuvaavat osuudet. Yhteensä kolme vertaisarvioitua tieteellistä artikkelia on julkaistu (lista artikkeleista tämän raportin liitteessä 2) ja neljännen julkaisun käsikirjoitus on valmisteluvaiheessa. Projektin loppuseminaari järjestettiin Turussa maaliskuussa 2012.

EMRP-NIR-projekti

EMRP-NIR-projektissa STUKin tehtävänä oli kehittää SAR-mittapäiden kalibroitimenetelmä alle 400 MHz:n taajuuksille ja raajavirtojen mittauslaitteiden kalibroitimenetelmä taajuuksille 10–50 MHz. Menetelmien toimivuus testattiin vertailumittauksilla NPL:n (National Physical Laboratory, Englanti) kanssa. NPL:n SAR-mittapää kalibroidtiin STUKin kalibroitilaitteistolla kesällä 2010 ja mittapää palautettiin NPL:lle syksyllä 2010. NPL ei ole vuonna 2011 ilmoittanut kalibroitimensa tuloksia, joten kalibroitivertailu on vielä kesken. Raajavirtojen mittauslaitteiden kalibroitivertailu tehtiin syksyllä 2010, ja tulokset poikkesivat selvästi alle 10 % toisistaan. STUKissa tehtiin alkuvuodesta 2011 mittauksia, joilla selvitettiin ferriitisydämen virtamuuntajan vaikutusta nilkassa kulkevaan virtaan. Mittausten perusteella todettiin, että virtamuuntaja ei merkittävästi vaikuta nilkkavirtaan. Tämä mittaaminen oli tarkoitus toistaa NPL:ssä tarkoitukseen valmistetulla raajafantomilla, mutta NPL ei ehtinyt tehdä sitä.

Projekti päättyi virallisesti maaliskuussa 2011. Päätösworkshopiin ja -kokoukseen osallistuttiin Roomassa helmikuussa. Loppuraportti ja muut tarvittavat dokumentit lähetettiin koordinaattorille toukokuussa. Yhteistyö NPL:n kanssa jatkuu ainakin kehoon indusoituvien radiotaajuuksien virtojen mittausten menetelmien merkeissä projektin päättymisen jälkeen. Tavoitteena on saada yhteinen tieteellinen julkaisu raajavirtamittauksista vuonna 2012. SAR-TEM-kammion tieteellisestä artikkelista tehtiin ensimmäinen luonnos ja se on tarkoitus saada julkaisukuntoon vuoden 2012 aikana.

Projektihaikkeen valmisteu

Valmisteltiin yhteistyössä TTL:n kanssa magneettikuvaustöiden turvallisuutta koskeva tutkimushanke

STUK ja TTL hakivat yhdessä rahoitusta Työsuojelurahastolta tutkimushankkeelle "Henkilöstön työhyvinvointia edistävät toimintatavat magneettikuvaustyössä". Tutkimushankkeessa aiotaan selvittää työntekijän altistuminen magneettikentille sekä laatia yleiset turvallisuusohjeet magneettikuvaustyöskentelylle. Hakemus ja tutkimussuunnitelma lähetettiin Työsuojelurahastolle syyskuussa, joka myönsi tutkimushankkeelle kolmen vuoden rahoituksen joulukuussa 2011. Projekti alkaa maaliskuussa 2012.

Matkapuhelinten vaikutuksia tutkivalle INNO-RF-projektille haettiin rahoitusta TEKESiltä

WIRECOM-projektin jatko-osalle, INNO-RF-projektille, haettiin rahoitusta TEKESiltä syyskuun alussa. Hankkeessa oli tarkoitus jatkaa yhteistyötä TTL:n ja TY:n kanssa ja tutkia lisää matkapuhelinten aiheuttamia biologisia vaikutuksia. Muita tutkimushankkeeseen osallistuvia STUKin yhteistyötahoja olisivat olleet Kuopion yliopisto ja Tampereen teknillinen yliopisto. TEKES ei kuitenkaan myöntänyt rahoitusta projektille.

Muuttuvien sähkömagneettisten altistumisrajojen tutkimushankkeelle haettiin rahoitusta MATINElta

TTL ja STUK hakivat MATINElta rahoitusta tutkimushankkeelle "Muuttuvat sähkömagneettisten kenttien altistusrajat puolustusvoimissa". MATINE ei myöntänyt hankkeelle rahoitusta.

Muu tutkimustoiminta

Ionisoimattoman säteilyn YHR-tutkimusprojektien lisäksi tutkimusta ja teknistä kehitystyötä suoritettiin osana NIR-yksikön perustoimintaa.

6.3 Tutkimuksen arviointi

Kansainvälinen asiantuntijaryhmä arvioi STUKin tutkimustoiminnan vuonna 2011. Arviointi suoritetaan noin viiden vuoden välein (edellinen arviointi oli vuonna 2005).

STO:n tutkimustoiminnasta arviointiryhmä totesi, että toiminnalla on suuri yhteiskunnallinen merkitys terveydenhuollon ja teollisuuden säteilyn käytön alalla. STO:n tutkimustyö, kansainvälinen yhteistyö ja julkaisutoiminta ovat korkeatasoisia, ja integroituminen Euroopan tutkimusprojekteihin on onnistunutta. Ryhmä suositteli toiminnan tason säilyttämistä ja edelleen vahvistamista. Kehityssuosituksena ryhmä esitti, että kehitettäisiin mekanismi tutkimustulosten parempaan tiedottamiseen ja strategia, jolla taataan tutkimustyön hyvän asiantuntemuksen säilyminen.

NIR-yksikkö osallistui STUKin tutkimuksen arviointiin kuvaamalla tutkimuksen etenemisen kuuden vuoden aikana ja raportoimalla, kuinka vuoden 2005 arvioinnissa saadut parannusehdotukset on pantu täytäntöön.

Vuoden 2011 arvioinnissa NIR-yksikkö sai uudeksi kehityskohteikseen määritellä nykyistä selvemmin yksikön roolin viestinnässä, tutkimuksessa ja mittaustekniikassa sekä kehittää tutkimusstrategiaa (priorisoida relevantit tutkimuskohteet selvemmin). Tämän lisäksi yksikkö sai kehotuksen lisätä yhteistyön määrää epidemiologisissa ja biologisissa tutkimusohjelmissa sekä lisätä vertaisarvioitujen julkaisujen määrää.

7 Kansainvälinen yhteistyö

STO:n ja NIRin edustajat ovat mukana monissa ionisoivan ja ionisoimattoman säteilyn käytön valvontaa sekä turvallisuusohjeiden ja mittausmenetelmien kehittämistä ja säteilyalan standardisointitoimintaa käsittelevissä kansainvälisissä järjestöissä, toimikunnissa ja asiantuntijaryhmissä (IAEA, NACP, EURADOS, EURAMET, ESTRO, ESOREX, ICRU, NEA, AAPM, NOG, IEC, ISO, CEN, CENELEC, ICNIRP, EAN, EUTERP).

Osallistuminen kansainvälisten työryhmien kokouksiin

Vuonna 2011 STUKin edustajat osallistuivat seuraavien kansainvälisten järjestöjen ja työryhmien kokouksiin:

- Euratom-sopimuksen Artiklan 31 tarkoittama työryhmä ja sen alainen säteilyn lääketieteellistä käyttöä käsittelevä työryhmä
- HERCA (Hheads of the European Radiological Protection Competent Authorities) ja sen työryhmät
- EURADOSin (European Radiation Dosimetry Group) vuosikokous ja järjestön alaiset työryhmät
- EANin (European Alara Network) kokous
- Pohjoismainen solarium-kokous
- Pohjoismaisen laser- ja valopulssilaitetyöryhmän kokous (STUKin järjestämä).

Osallistuminen muihin kansainvälisiin kokouksiin

STO:n ja NIRin edustajat osallistuvat vuosittain useisiin säteilyturvallisuusalan kansainvälisiin kokouksiin, kongresseihin ja koulutustilaisuuksiin ja pitävät niissä esitelmiä ja luentoja (järjestäjänä mm. IAEA, EANM, ESTRO, EURAMET, CIPM, Euroopan yhteisöjen komissio).

Muu kansainvälinen yhteistyö

Lasten tietokonetomografiatutkimusten (TT-tutkimusten) potilasannoksista Suomen ja Baltian

maiden välillä tehty selvitys julkaistiin. Tulosten perusteella vertailutasojen asettaminen lasten keuhkojen ja pään alueen TT-tutkimuksille näyttää mahdolliselta, mutta edellyttää vielä laajempaa potilasaineistoa. Selvitystä jatkettiin uudella projektilla, jossa on mukana Suomen ja Baltian maiden lisäksi myös sairaaloita Ruotsista, Norjasta ja Tanskasta.

NIR-yksikön edustaja osallistui kahteen ICNIRPin pääkomitean kokoukseen, jotka pidettiin toukokuussa Ljubljanassa ja marraskuussa Manilassa. Hänen vastuullaan on valmistella ICNIRPin ohjetta staattisessa magneettikentässä liikkuvaan ihmiseen kohdistuvan altistumisen rajoittamiseksi.

Liikeinduktiota koskeva ICNIRPin ohje saatiin vuoden loppuun mennessä sellaiseen kuntoon, että se voidaan panna julkiseen kommentointiin ICNIRPin verkkosivuille. Ohje perustuu Health Physics lehdessä esitettyyn artikkeliin (ks. liite 2, Jokela ja Saunders 2011).

STM:n työsuojeluosastoa avustettiin sähkö- ja magneettikenttiä koskevan työsuojeludirektiivin luonnostelussa. Vuoden 2011 alussa direktiivi oli vielä Euroopan komission valmisteltavana. STUKissa laadittiin uusi ehdotus liitteen 2 muuttamiseksi niin, että se noudattaisi paremmin ICNIRPin uusimpia ohje-arvoja. Komission luonnokseen oli sekoitettu Saksan työsuojeluviranomaisen laatimia raja-arvoja, jotka ovat joiltakin osin liian korkeita ja joita ei ole (vertais)arvioitu kansainvälisesti. Komission kesäkuussa 2011 antamasta esityksestä Saksan muutokset olikin poistettu. STUK ehdottamalla muutoksilla on saattanut olla jotain vaikutusta.

Luennoitiin TTL:n ja Pohjoismaisen työsuojelukoulutusinstituutin (NIVA, Nordic Institute for Advanced Training in Occupational Health) seminaarissa ”Occupational Exposure to Electromagnetic Fields and Optical Radiation” (21.–25.3.2011, Saariselkä).

8 Kotimainen yhteistyö

STO:n ja NIRin edustajat ovat mukana monissa ionisoivan ja ionisoimattoman säteilyn käytön valvontaa ja tutkimusta sekä säteilyalan standardisointitoimintaa käsittelevissä kotimaisissa toimikunnissa ja asiantuntijaryhmissä (mm. Metrologian neuvottelukunta, Sädeturvapäivätoimikunta, Eurolab-Finland, SESKO, STM:n asettama Kliinisen auditoinnin asiantuntijaryhmä).

STUKin järjestämät kotimaiset kokoukset

Vuonna 2011 STUK järjesti seuraavat kokoukset:

- Sädeturvapäivät Tampereella 3.–4.11.2011 yhdessä Suomen Radiologiyhdistyksen kanssa
- Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa -neuvottelupäivät Seinäjoella 31.3.–1.4.2011
- Lääketieteellisen röntgentekniikan asiantuntijoiden neuvottelupäivät Asikkalassa 8.–9.9.2011
- SESKO SK 106 -komitean kokous (Altistumisen sähkömagneettisille kentille).

Osallistuminen kotimaisten työryhmien kokouksiin

STUKin edustajat osallistuivat seuraavien kotimaisten järjestöjen ja työryhmien kokouksiin:

- SESKO SK 61 -komitea (Kotitaloussähkölaitteiden turvallisuus)
- SESKO SK 106 -komitea (Altistuminen sähkömagneettisille kentille)
- Kansallinen RAPEX-verkosto (Rapid alert system for non-food consumer products; Vakavaa vaaraa aiheuttavien kulutustavaroiden ilmoitusjärjestelmä EU:ssa)
- Puolustusvoimien säteilyturvallisuustoimikunta (toimikunta käsittelee Puolustusvoimien radio- ja tutkalaitteiden ionisoimattoman säteilyn käytön turvallisuutta).

Osallistuminen muihin kotimaisiin kokouksiin

STO:n ja NIRin edustajat osallistuvat vuosittain useisiin säteilyturvallisuusalan kotimaisiin kokouksiin ja pitävät niissä esitelmää ja luentoja.

Muu kotimainen yhteistyö

Vuonna 2011 julkaistiin tulokset (raportti STUK-B 133) STUKin yhdessä opetus- ja kulttuuriministeriön ja Opetushallituksen kanssa vuonna 2010 tekemästä terveydenhuollon henkilöstön perus- ja jatkokoulutukseen sisältyvää säteilysuojelukoulutusta koskevasta kartoituksesta. Tuloksista tiedotettiin myös alan ammatillisissa lehdissä. Kartoituksen perusteella todettiin monien ammattiryhmien säteilysuojelukoulutuksessa puutteita. Lisäksi löytyi oppilaitoksia, joissa ei annettu lainkaan säteilysuojelukoulutusta tiettyjen säteilyä käyttävien ammattiryhmien peruskoulutuksessa. Kartoituksen tulokset johtivat mm. kansanedustajan hallitukselle tekemään kirjalliseen eduskuntakyselyyn säteilysuojelukoulutuksen kuntoon saattamisesta. STUK ja STM lähettivät oppilaitoksille kirjeen, jossa kehoitettiin panemaan täytäntöön säteilysuojelukoulutukselle STUKin ohjeessa ST 1.7 annetut tavoitteet. Ohjeen ST 1.7 uudistus käynnistettiin kyselyn tulosten perusteella.

Osallistuttiin TTL:n ja Puolustusvoimien Maavoimien Materiaalilaitoksen Esikunnan järjestämään koulutustilaisuuteen, jonka aiheena olivat sähkömagneettisten kenttien turvallisuusasiat.

Syksyllä luennottiin Aalto-yliopiston Sähkötekniikan korkeakoululla Sähkömagneettisten kenttien ja optisen säteilyn biologiset vaikutukset ja mittaukset –kurssi.

9 Viestintä

Vuoden aikana NIR-yksikköön tuli runsaasti kysymyksiä kansalaisilta, säteilyn käyttäjiltä, tiedotusvälineiltä ja muilta ionisoimattomasta säteilystä kiinnostuneilta tahoilta. Tiedotusvälineille annettiin useita haastatteluja. Lisäksi päivittäin tuli kansalaisilta kyselyjä STUKin www-sivujen kautta ja puhelinsoittoja mitä erilaisimmista säteilyhuolista.

Voimajohtoja koskevassa katsauksessa annettiin tietoa matalataajuisten magneettikenttien riskeistä ja täsmennettiin STUKin suositusta rakentamisesta voimajohtojen lähellä.

Alle 18-vuotiaiden solariumkieltoa koskevan tiedotusmateriaalin uudistaminen aloitettiin vuonna 2011 ja materiaalin viimeistely tapahtuu vuonna 2012.

Jo yhdeksänä vuotena peräkkäin STUK järjesti yhdessä Ilmatieteen laitoksen ja Syöpäjärjestöjen kanssa UV-tiedotustilaisuuden. STUKin kärkevies-ti oli, että D-vitamiinin takia aurinkoa ei tarvitse ottaa, vaan riittävän määrän UV-säteilyä D-vitamiinintuotantoon saa aurinkoisena kesä-

päivänä ulkoillessa. Lisäksi muistutettiin, että D-vitamiinia saa auringon lisäksi ravinnosta ja D-vitamiinivalmisteista.

Lehdistötiedotteita laadittiin seuraavista aiheista:

- Säteilytyöntekijöiden kädet alttiina säteilylle
- Säteilyannokset ja annosnopeudet: Paljonko on paljon
- D-vitamiinia auringon lisäksi myös ravinnosta ja purkista
- Syöväntutkimuskeskus luokitteli matkapuhelimen säteilyn mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi
- Säteilyturvakeskus on mitannut yli sadan matkapuhelimen SAR-arvot
- Lääkärit ja hoitajat tarvitsevat parempaa säteilysuojelukoulutusta
- Matkapuhelinsäteilyn vaikutuksista soluihin tarvitaan lisää tutkimusta
- Matkapuhelinten terveysvaikutuksia selvittävä COSMOS-tutkimus jatkuu Suomessa.

10 Mittanormaalityö

10.1 Yleistä

STUK toimii säteilysuureiden kansallisena mittanormaalityölaboratoriona ja pitää yllä mittanormaaleja Suomessa tehtävien säteilymittausten tarkkuuden ja jäljitettävyyden varmistamiseksi. Omien mittanormaaliensa kalibroinneista STUK huolehtii säännöllisin väliajoin Kansainvälisessä paino- ja mittatoimistossa (BIPM) tai muussa primäarityölaboratoriossa. Säteilymetrologiaan liittyen STUK osallistuu Metrologian neuvottelukunnan toimintaan ja EURAMET-järjestön (European Association of National Metrology Institutes) toimintaan.

Mittanormaalityöinnistä vastaavat STUK:n Dosimetrialaboratorio (DOS-laboratorio) ionisoivan säteilyn osalta ja NIR-yksikkö ionisoimattoman säteilyn osalta. Ionisoivan säteilyn aktiivisuussuureiden mittanormaalityöinnistä vastaa STUKin Tutkimus- ja ympäristövalvonta -osasto (TKO).

10.2 Ionisoiva säteily

Mittanormaalityö ylläpito sekä säteilytyslaitteiden ja mittausten menetelmien kehitystyö

DOS-laboratorioon loppuvuodesta 2010 hankittu ^{60}Co -laite asennettiin ja käyttöönottomittausten jälkeen otettiin käyttöön. Samalla tehtiin uuden laitteen vaatimat säteilyturvallisuusjärjestelyt.

Kontaminaatiomittareiden testausta ja kalibrointia varten hankittiin neljä beeta- ja kaksi alfatasolähdettä. Lähteille tehtiin kattava joukko vastaanottomittauksia.

Mittari- ja mittausten vertailut

Vuonna 2011 DOS-laboratorio osallistui EURAMETin, EURADOSin ja IAEA:n yhteiseen röntgendiagnostiikan potilasannosmittarien kalib-

rointivertailuun. Vertailun tulokset eivät vielä ole käytettävissä.

DOS-laboratorio osallistui myös IAEA/WHO:n ylläpitämään laboratorioverkostoon kuuluvien kalibrointilaboratorioiden kesken vuosittain järjestettävään absorboituneen annoksen TLD-mittausvertailuun ^{60}Co -säteilyllä (sädehoidon annostarkkuus). Laboratorion tuloksen poikkeama oli 1,3 % IAEA:n vertailuarvosta. Tulos mahtuu hyvin IAEA:n hyväksyntärajoihin.

Kuvassa 7 on esitetty STUKin mittaustulosten poikkeamat vertailuarvosta IAEA/WHO:n järjestämissä sädehoitotason mittausten vertailuissa vuosina 2002–2011.

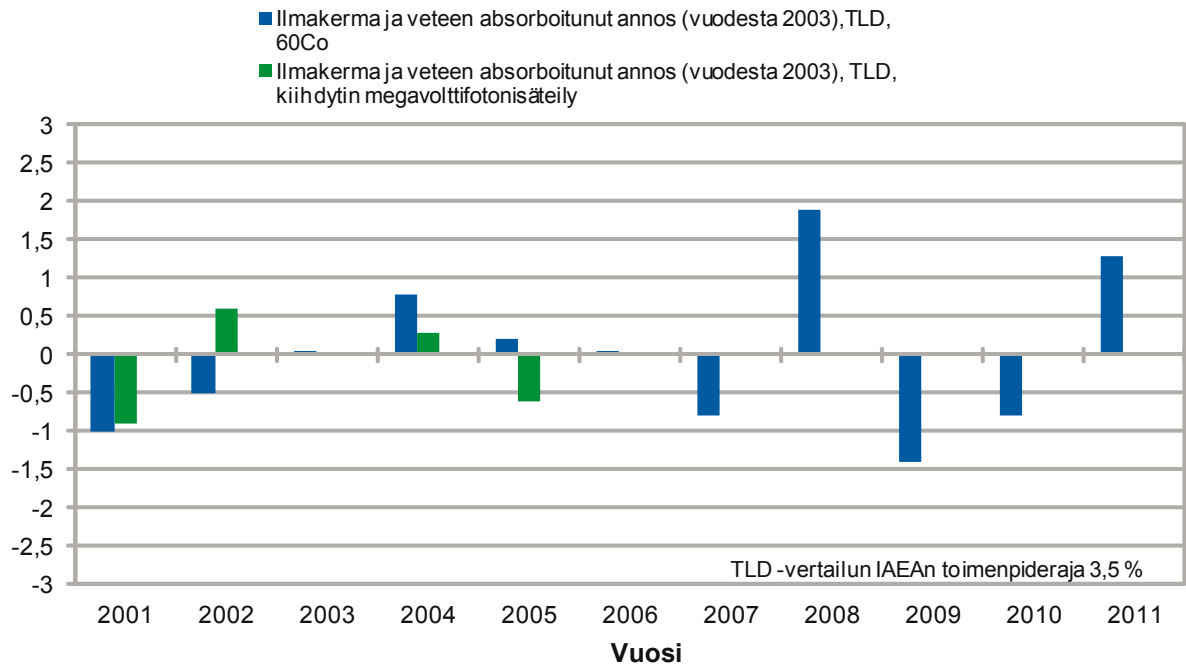
10.3 Ionisoimaton säteily

Mittanormaalityö ylläpito sekä säteilytyslaitteiden ja mittausten menetelmien kehitystyö

Matkapuhelimien tukiasemien sähkömagneettisten (SM) kenttien mittauksissa käytettävä Narda SRM-3000-mittari lähetettiin kalibroivaksi valmistajalle. SM-kenttien muiden mittaustulosten toiminta tarkastettiin NIR-yksikön radiolaboratorion kalibrointilaitteistolla.

Mittari- ja mittausten vertailut

NIR-yksikkö teki SAR-mittapään kalibrointivertailun sveitsiläisen SPEAG-laboratorion kanssa aivoja simuloivassa nesteessä taajuuksilla 900, 1 800 ja 2 450 MHz. Mittaukset tehtiin samalla nesteellä ja mittapäällä kuin vastaavanlaisessa vertailussa vuonna 2010, jotta pystyttäisiin arvioimaan, mistä aiemmin suoritettua vertailua havaittu ero (30 %) kalibroinneissa johtuu. Tuloksien analysointi saatetaan loppuun vuonna 2012.



Kuva 7. STUKin mittaustuloksen poikkeama (%) vertailuarvosta IAEA/WHO:n mittaustuloksissa vuosina 2001–2011.

11 Palvelut

11.1 Ionisoiva säteily

Kalibroinnit, testaukset ja säteilytykset

DOS-laboratorio toteutti säteilymittarien kalibroinnit ja testaukset kysyntää vastaavasti. Säteilymittarien kalibrointi-, tarkastus- ja testaustodistuksia annettiin 116 kappaletta ja säteilytystodistuksia 21 kappaletta. Kalibroinneista noin 20 % ja säteilytyksistä noin 10 % tehtiin STUKin omille mittalaitteille ja näytteille.

Muut palvelut

STUK koordinoi Euroopan komission kaksivuotista hanketta Study on European Population Doses from Medical Exposure (Dose Datamed 2, aloitettu vuonna 2011). Projektissa kootaan Euroopan maista tiedot radiologisista tutkimuksista aiheutuneesta säteilyaltistuksesta ja arvioidaan ensimmäistä kertaa eurooppalainen väestöannos. Tiedot kerättiin käyttäen hyväksi komission julkaisemaa RP 154 -ohjeistusta. Tiedonkeruukysely lähetettiin 41 maahan ja vastauksia saatiin vuoden loppuun mennessä noin 30 maasta. Projektin puoliväliraportti lähetettiin vuoden lopussa ja tuli hyväksytyksi.

STUK on myös mukana työpaketin vetäjänä Euroopan yhteisöjen komission kaksivuotisessa hankkeessa Guidelines on a risk analysis of accidental and unintended exposures in radiotherapy (ACCIRAD), josta solmittiin sopimus. Projektissa kootaan Euroopan maista tietoja sädehoidon poik-

keavien tapahtumien ennakkoinnin ja käsittelyn menetelmistä ja tehdään suositus riskianalyysin tekemiseksi. Projekti toteutetaan vuosina 2012–2013.

Röntgendiagnostiikan potilasannoslaskentaan suunniteltua PCXMC-tietokoneohjelmaa ylläpidettiin ja myytiin 60 kpl. Röntgenlaitteiden standardinmukaisuustestauksia ja -selvityksiä tehtiin 6 kpl.

Koulutuspalveluina STUK järjesti vuonna 2011 seuraavat tilaisuudet:

- Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa -koulutuspäivät Seinäjoella 31.3.–1.4.2011
- Teollisuuden säteilyturvallisuuspäivät M/S Mariellalla 13.–15.4.2011.

Ulkoiset arvioinnit

DOS-laboratorion palveluna tarjoamiin röntgenlaitteiden standardinmukaisuustestauksiin kohdistui VTT Expert Services Oy:n ulkoinen arviointi. Laboratorion laatu täytti asetetut vaatimukset.

11.2 Ionisoimaton säteily

Kalibroinnit, testaukset ja säteilytykset

NIR-yksikkö teki säteilymittarien kalibrointeja ja testauksia yhteensä 4 kpl sekä turvallisuusarviointeja ja säteilymittauksia yhteensä 10 kpl. NIR-yksikön palvelusuoritteet vuosilta 2002–2011 on esitetty liitteen 1 taulukossa 20.

LIITE 1

TAULUKOT

Taulukko 1. Säteilyn käytön turvallisuusluissa mainittujen säteilytoimintojen lukumäärät terveydenhuollon säteilyn käytössä ja eläinlääketieteessä vuoden 2011 lopussa.

Säteilyn käyttö	Toiminnot (kpl)
Röntgentoiminta	300
Röntgentoiminta (eläinlääketiede)	235
Vaativa röntgentoiminta	100
C-kaaritoiminta	88
Suppea röntgentoiminta	93
Osastokuvaustoiminta	64
Seulontatoiminta	51
Avolähteiden käyttö	38
Umpilähteiden käyttö	27
Sädehoito	14

Taulukko 2. Säteilylähteiden ja -laitteiden sekä radionuklidilaboratorioiden lukumäärät terveydenhuollon säteilyn käytössä ja eläinlääketieteessä vuoden 2011 lopussa.

Laitteet/lähteet/laboratoriot	Lukumäärä (kpl)
Röntgentutkimuslaitteet (generaattorit)*)	1 458
kiinteät tavanomaiset röntgenlaitteet	495
kuljetettavat läpivalaisulaitteet	215
kuljetettavat tavanomaiset röntgenlaitteet	214
mammografialaitteet, joista	160
• seulontamammografia	74
• tomosynteesi	1
kiinteät läpivalaisulaitteet	115
• angiografia	49
• läpivalaisu	38
• kardioangiografia	28
TT-laitteet, joista	103
• SPECT-TT	25
• PET-TT	10
hammasröntgenlaitteet (luvanvaraiset)	84
• KKTT-laite	37
• panoraamatomografiaröntgenlaitteet	31
• intraoraaliröntgenlaitteet	15
• kefalostaatti	1
luun mineraalipitoisuuden mittauslaitteet	68
muut laitteet	4
Hammasröntgenlaitteet (luvasta vapautetut)	5 573
tavanomaiset hammasröntgenlaitteet	4 935
panoraamaröntgenlaitteet	638
Sädehoidon laitteet	118
kiihdyttimet	41
röntgenkuvaslaitteet	26
jälkilataushoitolaitteet	7
manuaaliset jälkilatauslaitteet	3
röntgenhoitolaitteet	2
hoitolaitteen simulaattorit	17
umpilähteet (tarkistuslähteet)	21
BNCT-hoitoasema	1

Umpilähteet	231
kalibrointi- ja testauslaitteet	209
vaimennuskorjausyksiköt	17
gamma säteilyttimet	4
muut terveydenhuollon umpilähteet	1
Eläinlääketieteelliset röntgenlaitteet	279
tavanomaiset röntgenlaitteet	233
luun mineraalikelvopaisuuden mittauslaitteet	5
läpivalaisulaitteet	4
hammaskuvauslaitteet	28
TT-laitteet, joista	5
• SPECT-TT	2
• PET-TT	1
muut laitteet	4
Radionuklidilaboratoriot	47
B-tyypin laboratoriot	23
C-tyypin laboratoriot	24
*) Röntgentutkimuslaitteen muodostaa suurjännitegeneraattori, yksi tai useampi röntgenputki sekä yksi tai useampi tutkimusteline.	

Taulukko 3. Eri ammattiryhmien laitevalmistajan antamaan käyttökoulutukseen käyttämien päivien lukumäärä isotooppilääketieteessä.

Ammattiryhmä	Keskimääräinen käyttökoulutus (päiviä)
Lääkärit	5
Sairaalfyysikot	7,6
Hoitohenkilökunta	7,8

Taulukko 4. SPECT-TT ja PET-TT -laitteiden laadunvalvontatestit.

Laadunvalvontatesti	STUKin suosittama suoritustavali	Sairaaloiden ilmoittama keskimääräinen suoritustavali	Laitteiden lukumäärä, joille testi tehty
TT-luku	1 vko, 6 kk	1 kk	6
Kohina	1 vko	2 vko	6
Tasaisuus	6 kk	1 kk	6
Leikkeen paikan asetelutarkkuus	6 kk	-	0
Geometrisen tarkkuus	6 kk	-	0
Leikepaksuus	12 kk	3 kk	4
Korkeakonstrastierotuskyky	6 kk	1 kk	3
Annosnäytön tarkkuus	6 kk	7 kk	11
Pöydän liikkeet	3 kk	-	0

Taulukko 5. Yleisimmat SPECT-TT ja PET-TT-tutkimukset ja arvioidut TT-kuvauksista aiheutuneet potilasannokset (Tutkimus-sarakkeessa on suluisia ilmoitettu, kuinka monen vastauksen perusteella keskiarvo ja keskihajonta on laskettu, ks. kohta 2.1 *Isotooppilääketiede*).

Tutkimus	Potilasannos (mSv)	
	Keskiarvo	Keskihajonta
SPECT-TT		
Keuhkot (3)	1,9	0,2
Lisäkilpirauhanen (3)	0,7	0,3
Luusto (8)	1,8	1,4
Somatostatiinireseptorit	1,4	0,5
Sydän (8)	1,7	1,2
PET-TT		
Koko keho (6)	3,6	2,1
Pää (7)	0,1	0,1
Sydän (4)	1,0	0,3

Taulukko 6. Säteilytoimintojen lukumäärät teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käytössä vuoden 2011 lopussa.

Säteilyn käyttö	Toiminnot (kpl)
Umpilähteiden käyttö	639
Röntgenlaitteiden käyttö	499
Asennus, koekäyttö ja huolto	131
Radioaktiivisten aineiden tuonti, vienti tai kauppa	126
Avolähteiden käyttö	118
Hiukkaskiihdyttimen käyttö	19

Taulukko 7. Säteilylähteiden ja -laitteiden sekä radionuklidilaboratorioiden lukumäärät teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käytössä vuoden 2011 lopussa.

Laitteet/lähteet/laboratoriot	Lukumäärä (kpl)
Radioaktiivista ainetta sisältävät laitteet	6 277
pintakytkimet	2 148
pinnankorkeusmittarit	1 103
tiheysmittarit	1 017
pintapainomittarit	608
kuljetinvälikkeet	587
kalibrointi-, testaus- tai opetuslaitteet tai -lähteet	190
kosteus- ja tiiveysmittarit	134
fluoresenssianalysointilaitteet	84
radiografialaitteet	24
muut laitteet	382
Röntgenlaitteet ja kiihdyttimet	1 510
läpivalaisulaitteet	535
diffrakto- ja fluoresenssianalysointilaitteet	400
radiografialaitteet	387
pintapainomittarit	48
hiukkaskiihdyttimet	23
muut röntgenlaitteet	117
Radionuklidilaboratoriot	164
A-tyypin laboratoriot	4
B-tyypin laboratoriot	30
C-tyypin laboratoriot	127
toiminta laboratorion ulkopuolella (merkkiainekokeet teollisuuslaitoksissa)	3

Taulukko 8. Teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen säteilyn käytössä umpilähteissä yleisimmin käytettävät radionuklidit ja niiden lukumäärät vuoden 2011 lopussa.

Radionuklidi	Säteilylähteitä (kpl)
Muut kuin korkea-aktiiviset umpilähteet	
Cs-137	3 993
Co-60	1 134
Kr-85	369
Am-241 (gammalähteet)	349
Pm-147	127
Am-241 (AmBe-neutronilähteet)	125
Fe-55	104
Ni-63	59
Sr-90	59
Korkea-aktiiviset umpilähteet	
Cs-137	52
Co-60	47
Ir-192	11
Am-241 (gammalähteet)	8
Sr-90	5

Taulukko 9 Turvallisuusluvan alaisen toiminnan tarkastukset vuonna 2011 (tarkastuksen tyyppin mukaan jaoteltuina).

Tarkastuksen tyyppi	Tarkastusten lukumäärä (kpl)	
	Teollisuus, tutkimus ja opetus	Terveystenhuolto ja eläinlääketiede
Käyttöönottotarkastus	0	112
Määräaikaistarkastus	229	224
Uusintatarkastus	1	7
Muu tarkastus tai mittaus	2	0
Tarkastuksia yhteensä	232	343

Taulukko 10. Turvallisuusluvan alaisen toiminnan tarkastukset vuonna 2011 (toiminnan tyyppin mukaan jaoteltuina).

Toiminnan tyyppi	Tarkastusten lukumäärä (kpl)
Säteilyn käyttö terveydenhuollossa ja eläinlääketieteessä	
röntgentoiminta	242
sädehoito	47
eläinröntgentoiminta	47
isotooppitoiminta	7
muu säteilyn käyttö	0
Säteilyn käyttö teollisuudessa, tutkimuksessa ja opetuksessa*)	
teollisuus	156
tutkimus ja/tai opetus	53
radioaktiivisten aineiden kauppa	16
asennus ja/tai huoltotoiminta	14
muu säteilyn käyttö	19
Tarkastuksia yhteensä	601
*) Näiden tarkastusten yhteenlaskettu määrä on suurempi kuin taulukossa 9, koska joissakin tapauksissa yksi käyttöönotto-, määräaika- tai uusintatarkastus on koskenut kahta toiminnan tyyppiä.	

Taulukko 11. Umpilähteiden toimitukset Suomeen ja Suomesta vuonna 2011.

Radionuklidi	Toimitus Suomeen		Toimitus Suomesta	
	Aktiivisuus (GBq)	Lukumäärä (kpl)	Aktiivisuus (GBq)	Lukumäärä (kpl)
Ir-192	72 783	22	9 335	25
Se-75	3 700	2	499	2
Kr-85	1 167	84	1 287	90
Pm-147	173	42	78	20
Fe-55	106	33	115	19
I-125	95	*)	- **)	-
Cs-137	73	107	< 1	1
Gd-153	31	14	-	-
Am-241 (AmBe-neutronilähteet)	26	2	-	-
Am-241 (gamma- ja alfalähteet)	14	36	3	280
Sr-90	6	13	5	6
Co-57	5	27	-	-
Co-60	3	6	1 062	1
muut yhteensä **)	5	542	5	708
Yhteensä	78 187	930	12 389	1 152

*) Pienten, sädehoidossa käytettävien I-125-lähteiden tarkka lukumäärä ei ole tiedossa.
 **) Merkintä "-" tarkoittaa, ettei toimituksia Suomesta ole ollut.
 ***) Toimitus Suomeen, nuklidit: H-3, Ni-63, Po-210, Cd-109, Ge-68, Cs-136, Na-22 ja Co-58.
 Toimitus Suomesta, nuklidit: Ni-63, H-3 ja Cd-109.

Taulukko 12. Avolähteiden toimitukset Suomeen ja Suomesta vuonna 2011.

Radionuklidi	Aktiivisuus (GBq)	
	Toimitus Suomeen	Toimitus Suomesta
Mo-99	35 675	2 631
I-131	7 117	1 941
Lu-177	2 698	1 498
I-123	1 177	27
Sm-153	392	- *)
P-32	180	45
Y-90	152	-
Tl-201	105	-
In-111	42	-
H-3	20	9
S-35	20	-
Cr-51	5	-
Ga-67	2	-
I-125	1	4
F-18	-	1 433
muut yhteensä **)	2	-
Yhteensä	47 588	7 588

*) Merkintä "-" tarkoittaa, ettei toimituksia ollut Suomeen tai Suomesta.
 **) Nuklidit: Re-186, Sr-89, Se-75, Sr-85, Tc-99m, Co-57, Cs-137, Cm-244, Am-241 ja Pb-210.

Taulukko 13. Radioaktiivisten aineiden (avolähteiden) valmistus Suomessa vuonna 2011.

Radionuklidi	Aktiivisuus (GBq)
F-18	121 544
C-11	9 652
O-15	3 560
Br-82	3 192
muut yhteensä ^{*)}	181
Yhteensä	138 129

^{*)} Mm. nuklidit: Au-198, Cu-64, La-140.

Taulukko 14. Annostarkkailussa olleiden työntekijöiden lukumäärät toimialoittain vuosina 2007–2011.

Vuosi	Työntekijöiden lukumäärä toimialoittain								
	Terveysthuolto		Eläinlääketiede	Teollisuus	Tutkimus ja opetus	Radioaktiivisten aineiden valmistus	Muut*)	Ydinenergian käyttö**)	Yhteensä***)
	Röntgensäteilylle altistuvat	Muillensäteilylähteille altistuvat							
2007	4 767	961	368	1 275	927			3 257	11 441
2008	4 872	984	392	1 293	884			3 444	11 550
2009	4 440	992	458	1 232	810	15	49	3 704	11 571
2010	4 467	989	491	1 192	817	21	73	4 151	12 062
2011	4 320	1 050	550	1 209	742	22	79	3 830	11 659

^{*)} Sisältää toimialat: asennus/huolto/tekninen koekäyttö, kauppa/tuonti/vienti ja palvelut.

^{**)} Suomalaisilla ja ulkomaisilla ydinvoimalaitoksilla työskentelevät suomalaiset sekä suomalaisilla laitoksilla työskentelevät ulkomaiset työntekijät.

^{***)} Tässä sarakkeessa tietyllä rivillä oleva luku ei välttämättä ole sama kuin saman rivin muissa sarakkeissa olevien lukujen summa, koska terveydenhuollossa on henkilöitä, jotka altistuvat sekä röntgensäteilylle että muille säteilylähteille ja teollisuudessa on henkilöitä, jotka työskentelevät myös ydinenergian käytön parissa.

Taulukko 15. Annostarkkailussa olleiden työntekijöiden kokonaisannokset (syväannosten summat) toimialoittain vuosina 2007–2011.

Vuosi	Kokonaisannos (Sv)								
	Terveysthuolto		Eläinlääketiede*)	Teollisuus	Tutkimus ja opetus	Radioaktiivisten aineiden valmistus	Muut**)	Ydinenergian käyttö****)	Yhteensä
	Röntgensäteilylle altistuvat*)	Muille säteilylähteille altistuvat							
2007	1,37	0,15	0,11	0,26	0,08			2,16	4,13
2008	1,51	0,12	0,11	0,22	0,09			2,76	4,69
2009	1,27	0,09	0,08	0,15	0,06	0,01	0	2,37	4,04
2010	1,25	0,08	0,08	0,15	0,09	0,004	0	2,59	4,25
2011	1,33	0,11	0,09	0,13	0,07	0,007	0,001	1,83	3,56

^{*)} Syväannokset ovat yleensä efektiivisen annoksen (riittävän tarkkoja) likiarvoja. Poikkeuksena on röntgensäteilyn käyttö terveydenhuollossa ja eläinlääkinnässä, jossa työntekijät käyttävät henkilökohtaisia säteilysuojaimia ja jossa annos mitataan suojaimen päällä olevalla annosmittarilla. Tällöin efektiivinen annos saadaan jakamalla syväannos tekijällä 10–60.

^{**)} Sisältää toimialat: asennus/huolto/tekninen koekäyttö, kauppa/tuonti/vienti ja palvelut.

^{***)} Suomalaisilla ja ulkomaisilla ydinvoimalaitoksilla työskentelevät suomalaiset sekä suomalaisilla laitoksilla työskentelevät ulkomaiset työntekijät.

Taulukko 16. Eräiden työntekijäryhmien annostietoja (syväannokset) vuodelta 2011.

Työntekijäryhmä	Työntekijöiden lukumäärä	Kokonaisannos (Sv)	Annosten keskiarvo (mSv)		Suurin annos (mSv)
			Kirjauskynnyksen*) ylittäneet työntekijät	Kaikki annostarkkailussa olleet työntekijät	
Kardiologit ja toimenpidekardiologit**)	210	0,61	3,4	2,9	16,9
Toimenpideradiologit**)	38	0,30	9,4	7,9	33,1
Radiologit**)	443	0,22	2,4	0,5	19,7
Erikoislääkärit***) ****)	265	0,08	1,8	0,3	9,3
Röntgenhoitajat (röntgensäteily)**)	1 763	0,06	0,4	0,0	2,4
Sairaanhoitajat**)	1 113	0,05	0,4	0,0	2,2
Röntgenhoitajat (muu kuin röntgensäteily)	425	0,06	1,0	0,2	3,6
Eläintenhoitajat ja avustajat**)	303	0,05	1,3	0,2	8,6
Eläinlääkärit**)	233	0,03	1,2	0,2	9,5
Materiaalitarkastusten tekijät****)	475	0,07	0,5	0,1	3,6
Tutkijat	558	0,06	1,8	0,1	12,2
Merkkiainekokeiden tekijät	26	0,05	2,7	1,7	7,2
Ydinvoimalaitoksissa työskentelevät					
• mekaaniset työt ja konekunnossapitotyöt	898	0,62	1,1	0,7	9,9
• siivous	219	0,24	1,7	1,1	9,3
• sähkö- ja automaatiotyöt	747	0,15	0,6	0,2	3,2
• eristetyöt	63	0,13	3,0	2,1	7,5
• materiaalitarkastus	181	0,12	1,0	0,7	4,9

*) Kirjauskynnys on 0,1 mSv/kk tai 0,3 mSv/3 kk.

**) Syväannokset ovat yleensä efektiivisen annoksen (riittävän tarkkoja) likiarvoja. Poikkeuksena ovat näiden työntekijäryhmien annokset. Terveystarkkailun ja eläinlääkinnän säteilyn käytössä (röntgensäteily) työntekijät käyttävät henkilökohtaisia säteilysuojaimia, ja annos mitataan suojaimen päällä olevalla annosmittarilla. Tällöin efektiivinen annos saadaan jakamalla syväannos tekijällä 10–60.

***) Sisältää mm. kirurgit, urologit, ortopedit, neuroradiologit ja gastroenterologit.

****) Muualla kuin ydinvoimalaitoksissa aiheutunut altistus.

Taulukko 17. Merkittävimmät radioaktiiviset jätteet kansallisessa pienjätevarastossa (joulukuu 2011).

Radionukliidi	Aktiivisuus (GBq) tai massa
H-3	11 989
Cs-137	2 608
Am-241	2 122
Kr-85	1 728
Pu-238	1 546
Ra-226	236
Sr-90	232
Co-60	121
Cm-244	90
U-238	1 270 kg

Taulukko 18. Vuonna 2011 kansalliseen pienjätevarastoon kuljetetut radioaktiiviset jätteet.

Radionuklidi	Aktiivisuus (GBq)
Am-241	461
Cs-137	255
Kr-85	169
Pm-147	66
Fe-55	26
Co-60	15,5
Ra-226	4,5
Sr-90	2,5
C-14	1,5

Taulukko 19. Henkilökohtaisessa säteilyaltistuksen seurannassa olevan lentohenkilöstön määrä ja kokonaisannos (efektiivisten annosten summa) vuosina 2007–2011.

Vuosi	Työntekijöiden lukumäärä		Kokonaisannos (Sv)	
	Lentäjät	Matkustamohenkilöstö	Lentäjät	Matkustamohenkilöstö
2007	1 125	2 583	2,30	5,61
2008	1 206	2 562	2,45	5,93
2009	1 195	2 460	2,68	6,07
2010	1 147	2 281	2,56	5,75
2011	1 208	2 423	2,85	6,23

Taulukko 20. NIR-yksikön suoritteet vuosina 2002–2011.

Vuosi	Viranomais-tarkastukset	Päätökset	Lausunnot	Kalibroinnit ja testaukset	Turvallisuus-arvioinnit ja säteilymittaukset	Yhteensä
2002	36	1	4	31	13	85
2003	49	0	3	23	11	86
2004	55	3	1	30	12	101
2005	66	1	1	25	31	124
2006	48	1	7	17	7	80
2007	64	3	3	33	17	120
2008	67	5	6	46	24	148
2009	47 (108*)	2	9	31	12	101 (162*)
2010	55 (182**)	3	9	36	13	116 (243**)
2011	56 (142***))	6	3	4	10	79 (165***))

*) Lukumäärä sisältää Tullin neuvonnan lasereiden maahantuonnissa (46 kpl) ja laserosoittimien poistopyynnot Huuto.net-myyntipalstalta (15 kpl).

**) Lukumäärä sisältää Tullin neuvonnan lasereiden maahantuonnissa (96 kpl) ja laserosoittimien poistopyynnot Huuto.net-myyntipalstalta (31 kpl).

***)) Lukumäärä sisältää Tullin neuvonnan lasereiden maahantuonnissa (44 kpl) ja laserosoittimien poistopyynnot Huuto.net-myyntipalstalta (42 kpl).

Taulukko 21. Solariumien käyttöpaikkatarkastukset vuosina 2002–2011.

Vuosi	Tarkastusten lukumäärä (kpl)
2002	36
2003	31
2004	30
2005	36
2006	25
2007	31
2008	26
2009	19
2010	16
2011	7

Taulukko 22. Matkapuhelimien SAR-testaukset vuosina 2003–2011.

Vuosi	Testien lukumäärä (kpl)
2003	12
2004	18
2005	15
2006	15
2007	15
2008	10
2009	15
2010	10
2011	5

Vuonna 2011 valmistuivat seuraavat julkaisut, joissa tekijänä tai tekijöinä oli STO:n tai NIRin työntekijöitä:

Kansainväliset julkaisut

Alanko T, Puranen L, Hietanen M. Assessment of exposure to intermediate frequency electric fields and contact currents from a plasma ball. *Bioelectromagnetics* 2011; 32: 644–651.

Jokela K, Saunders R. Physiologic and dosimetric considerations for limiting electric fields induced in the body by movement in a static magnetic field. *Health Phys.* 2011; 100: 641–653.

Järvinen H, Merimaa K, Seuri R, Tyrväinen E, Perhomaa M, Savikurki-Heikkilä P, Svedström E, Ziliukas J, Lintrop M. Patient doses in paediatric CT: feasibility of setting diagnostic reference levels. *Radiation Protection Dosimetry* 2011; 147 (1–2): 142–146. (doi 10.1093/rpd/ncr293).

Kapanen M, Bly R, Sipilä P, Järvinen H, Tenhunen M. How can a cost/benefit ratio be optimized for an output measurement program of external photon radiotherapy beams? *Phys. Med. Biol.* 2011; 56: 2119–2130. (doi 10.1088/0031-9155/56/7/014).

Keyriläinen J, Fernández M, Bravin A, Karjalainen-Lindsberg M-L, Leidenius M, von Smitten K, Tenhunen M, Kangasmäki A, Sipilä P, Nemoz C, Virkkunen P, Suortti P. Comparison of in vitro breast cancer visibility in analyser-based computed tomography with histopathology, mammography, computed tomography and magnetic resonance imaging. *J. Synchrotron Rad.* 2011; 18: 689–696. (doi: 10.1107/S090904951102810X).

Kwon MS, Vorobyev V, Kännälä S, Laine M, Rinne JO, Toivonen T, Johansson J, Teräs M, Lindholm H, Alanko T, Hämäläinen H. GSM mobile phone radiation suppresses brain glucose metabolism. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism* 2011; 31: 2293–2301.

Lindholm H, Alanko T, Rintamäki H, Kännälä S, Toivonen T, Sistonen H, Tiikkaja M, Halonen J,

Mäkinen T, Hietanen M. Thermal effects of mobile phone RF-fields on children: a provocation study. *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 2011; 107(3): 399–403.

Pastila RK, Heinävaara S, Ylianttila L, Leszczynski D. In vivo UVA irradiation of mouse is more efficient in promoting pulmonary melanoma metastasis than in vitro irradiation of melanoma cells. *Cancer Cell Int.* 2011; 11: 16.

Pluder F, Barjaktarovic Z, Azimzadeh O, Mörtl S, Krämer A, Steininger S, Sarioglu H, Leszczynski D, Nylund R, Hakanen A, Shiharshan A, Atkinson MJ, Tapio S. Low-dose irradiation causes rapid alterations to the proteome of the human endothelial cell line EA.hy926. Epub 2010 Nov 23. *Radiation and Environmental Biophysics* 2011; 50 (1): 155–166. (doi:10.1007/s00411-010-0342-9).

Pöllänen R, Siiskonen T, Ihantola S, Toivonen H, Pelikan A, Inn K, La Rosa J, Bene B. Activity determination without tracers in high-resolution alpha-particle spectrometry. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 2011; 290: 551–555.

Siiskonen T, Kettunen H, Peräjärvi K, Javanainen A, Rossi M, Trzaska WH, Turunen J, Virtanen A. Energy loss measurement of protons in liquid water. *Phys. Med. Biol.* 2011; 56: 2367–2374. (doi:10.1088/0031-9155/56/8/003).

Siiskonen T, Pöllänen R. New approach to alpha spectrum analysis: Iterative Monte Carlo simulations and fitting. *Progress in Nuclear Science and Technology* 2011; 2: 437–441.

Abstraktit, kokousjulkaisut, julkaisusarjat

Aallos-Ståhl S-M, Venelampi E, Annanmäki M, Oksanen E, Markkanen M. Radon in Finnish mines 1972–2010. In: *Current Challenges in Radiation Protection. Conference Proceedings. XVI Conference of the NSFS.* Reykjavík, August 22nd–25th, 2011. (<http://nsfs.org/NSFS-2011/>).

Aarnio P, Ala-Heikkilä J, Hoffman I, Ilander T, Klemola S, Mattila A, Kuusi A, Moring M, Nikkinen

M, Pelikan A, Ristkari S, Salonen T, Siiskonen T, Smolander P, Toivonen H, Ungar K, Vesterbacka K, Zhang W. Linssi – SQL database for gamma-ray spectrometry, Part I: Database. Version 2.3. Helsinki University of Technology Publications in Engineering Physics, TKK-F-A861. Espoo: Aalto University; 2011.

Aroua A, Aubert B, Back C, Biernaux M, Einarsson G, Frank A, Friberg EG, Griebel J, Hart D, Järvinen H, Leitz W, Muru K, Nekolla E, Olerud HM, Tenkanen-Rautakoski P, Trueb P, Valero M, de Waard I, Waltenburg H, Ziliukas J. Collective doses from medical exposures: an inter-comparison of the “TOP 20” radiological examinations based on the EC guidelines RP 154. In: Proceedings – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2011 [PDF publication]. Web version online 2010 June 16. [S02-03, 10 pp.].

Bly R, Cederlund T, Einarsson G, Friberg EG, Järvinen H, Leitz W, Muru K, Waltenburg HN, Widmark A, Ziliukas J. Diagnostic reference levels for diagnostic x-ray examinations in the Baltic and Nordic countries. In: Proceedings – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2011 [PDF publication]. Web version online 2010 June 16. [P02-17, 9 pp.].

Bly R, Jahnen A, Järvinen H, Olerud H, Vassileva J, Vogiatzi S. European population dose from radiodiagnostic procedures – early results of Dose Datamed 2. In: Current Challenges in Radiation Protection. Conference Proceedings. XVI Conference of the NSFS. Reykjavík, August 22nd–25th, 2011. (<http://nsfs.org/NSFS-2011/>).

Einarsson G, Bly R, Järvinen H, Leitz W, Cederlund T, Olerud HM, Widmark A, Friberg EG, Waltenburg HN. Cooperation of the Nordic radiation protection authorities in the field of X-ray diagnostics. In: Proceedings – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2011 [PDF publication]. Web version online 2010 June 16. [P02-16, 6 pp.].

Järvinen H. Clinical auditing and quality assurance.

In: Proceedings – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2011 [PDF publication]. Web version online 2010 June 16. [R05, 10 pp.].

Järvinen H, Alanen A, Ahonen A, Ceder K, Lyyra-Laitinen T, Paunio M, Sinervo T, Wigren T. Guidance on internal audits and self-assessments: support to external clinical audits. In: Current Challenges in Radiation Protection. Conference Proceedings. XVI Conference of the NSFS. Reykjavík, August 22nd–25th, 2011. (<http://nsfs.org/NSFS-2011/>).

Kelaranta AE, Hakanen AT. Thermoluminescence dosimetry used as a postal quality audit in intraoral radiology. In: Current Challenges in Radiation Protection. Conference Proceedings. XVI Conference of the NSFS. Reykjavík, August 22nd–25th, 2011. (<http://nsfs.org/NSFS-2011/>).

Koskelainen M. Stakeholder involvement and engagement. In: Proceedings – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2011 [PDF publication]. Web version online 2010 June 16. [R14, 9 pp.].

Koskelainen M. Comparison of current clearance standards and their brief history. In: Proceedings – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2011 [PDF publication]. Web version online 2010 June 16. [S18-02, 11 pp.].

Koskelainen MO. Use of deliberative stakeholder involvement in preparation of radiological emergency operating procedures at a steel mill. In: Current Challenges in Radiation Protection. Conference Proceedings. XVI Conference of the NSFS. Reykjavík, August 22nd–25th, 2011. (<http://nsfs.org/NSFS-2011/>).

Kosunen A, Toroi P. Calibration of the working standard with RQR-radiation qualities. In: Implementation of the international code of practice on dosimetry in diagnostic radiology (TRS 457): Review of test results. IAEA human health reports no 4. Vienna: IAEA; 2011. p. 106–108.

Könönen N, Toroi P, Timonen M, Kortnesniemi M. Forward scattering from the compression paddle in the dosimetry of mammography. In: Proceedings of the XLV annual conference of the Finnish Physical Society and the second Nordic physics meeting, March 29–31, 2011, Helsinki, Finland. University of Helsinki, Report Series in Physics, HU-P-D178, Helsinki 2011.

Markkanen M. Natural radiation environment and NORM. In: Proceedings – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2011 [PDF publication]. Web version online 2010 June 16. [R06, 7 pp.].

Nylund R, Lemola E, Hakanen A, Leszczynski D. Short-term response of human endothelial cell line EA.hy926 to low-dose ionizing radiation: a proteomics analysis [abstract]. In: Cardiorisk Symposium. 2011 Jun 6–7; Munich, Germany.

Siiskonen T, Peräjärvä K, Kosunen A, Turunen J, Kettunen H, Laitinen M, Rossi M, Sajavaara T, Trzaska W, Virtanen A. Towards more accurate dosimetry in proton, neutron and heavy ion exposures. In: Abstract book of ACTA/NACP 2011 Symposium, April 13–15, 2011, Uppsala, Sweden.

Soimakallio S, Järvinen H, Ahonen A, Ceder K, Lyyra-Laitinen T, Paunio M, Sinervo T, Wigren T. National coordination of Clinical Audits for medical radiological procedures. In: Proceedings – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, Helsinki, Finland. Helsinki: Nordic Society for Radiation Protection; 2011 [PDF publication]. Web version online 2010 June 16. [S02-11, 7 pp.].

Toroi P, Husso M, Kosunen A. Calibration of kerma area product meters with a patient dose calibrator. In: Standards, applications and quality assurance in medical radiation dosimetry (IDOS). Vol. 2. Proceedings of an International Symposium, Vienna, 9–12 November 2010. p. 3–19.

STUKin omat tutkimusjulkaisut

Toroi P, Järvinen H, Könönen N, Parviainen T, Pirinen M, Tapiovaara M, Tenkanen-Rautakoski P.

Potilaan säteilyaltistuksen määrittäminen mam-mografiassa. STUK-TR 11. Helsinki: Säteilyturva-keskus; 2011.

Valvontaraportit

Paasonen T. Terveysturvallisuuden henkilöstön perus- ja jatkokoulutukseen sisältyvä säteilyturva-koulutus Suomessa 2010. STUK-B 133. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2011.

Rantanen E. (toim.). Säteilyn käyttö ja muu sä-teilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2010. STUK-B 131. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2011.

Rantanen E. (ed.). Radiation practices. Annual re-port 2010. STUK-B 137. Helsinki: STUK; 2011.

Viranomaisohjeet

Suomenkieliset

Säteilyn käyttöorganisaatio. Ohje ST 1.4. Säteily-turvakeskus (2.11.2011).

Säteilylähteiden käyttötilojen suunnittelu. Ohje ST 1.10. Säteilyturvakeskus (14.7.2011).

Sädehoidon turvallisuus. Ohje ST 2.1. Säteilyturva-keskus (18.4.2011).

Hammasröntgentutkimukset terveydenhuollossa. Ohje ST 3.1. Säteilyturvakeskus (20.8.2011).

Radioaktiivisen jätteen ja käytetyn ydinpoltto-aineen siirrot. Ohje ST 5.7. Säteilyturvakeskus (6.6.2011).

Säteilyturvallisuus luonnonsäteilylle altistavas-sa toiminnassa. Ohje ST 12.1. Säteilyturvakeskus (2.2.2011).

Ruotsinkieliset

Planering av strålkällors användningsutrym-men. Direktiv ST 1.10. Strålsäkerhetscentralen (14.7.2011).

Säkerhet vid strålbehandling. Direktiv ST 2.1. Strålsäkerhetscentralen (18.4.2011).

Tandröntgenundersökningar inom hälsovården. Direktiv ST 3.1. Strålsäkerhetscentralen (20.8.2011).

Strålsäkerheten vid verksamhet som medför exponering för naturlig strålning. Direktiv ST 12.1. Strålsäkerhetscentralen (2.2.2011).

Englanninkieliset käännökset

Radiation safety in practices causing exposure to natural radiation. Guide ST 12.1. STUK (2 Feb. 2011).

Muut julkaisut

Havukainen R, Henner A. Hoitajien säteilysuojelukoulutuksessa kehitettävää. Radiografia 2011; 4: 6–9.

Havukainen R, Paunio M, Halila H. Lääkärien koulutus säteilysuojelussa on puutteellista (pääkirjoitus). Suomen lääkärilehti 2011; 39: 2817.

Henner A, Havukainen R. Hoitajien säteilysuojelukoulutuksessa kehitettävää. Pinsetti 2011; 4: 21–23.

Järvinen H. Hyvän käytännön kriteerit ja kliininen auditointi, Kliinisen auditoinnin asiantuntijaryhmän tekemä selvitys. Kirjassa: XXXV Sädeturvapäivät 3.–4.11.2011 Tampere-talo. Tampere: Sädeturvapäivätoimikunta; 2011. s. 40–41.

Karppinen J. TT-annokset – missä ollaan ja miten on tähän tultu. Kirjassa: XXXV Sädeturvapäivät 3.–4.11.2011 Tampere-talo. Tampere: Sädeturvapäivätoimikunta; 2011. s. 37–39.

Kelaranta A, Toroi P. Sikiön saamat sädeannokset eri kuvauksissa. Kirjassa: XXXV Sädeturvapäivät 3.–4.11.2011 Tampere-talo. Tampere: Sädeturvapäivätoimikunta; 2011. s. 17–19.

Lajunen A. Säteilysuojelun ohjeistus uudistuu. Suomen eläinlääkärilehti 2011; 9: 602–605.

Pirinen M, Tenkanen-Rautakoski P. Säteilysuojelun ja säteilysuojelun hallinta toimenpideradiologiasa. Kirjassa: XXXV Sädeturvapäivät 3.–4.11.2011 Tampere-talo. Tampere: Sädeturvapäivätoimikunta; 2011. s. 47–48.

Tenkanen-Rautakoski P. STUKin ohjeistusta hammasröntgentoimintaan. Hammaslääkäri 2011; 7: 32–33.

Tenkanen-Rautakoski P. Hoitajan kirjoittama röntgenlähete on lain vastainen. Radiografia 2011; 2: 28.

Alara-lehti

Aallos-Ståhl S-M. Altistuuko kaivoksissa radonille? Alara 2011; 3: 19–21.

Hallinen E. Röntgenin sattumuksista enemmän ilmoituksia. Alara 2011; 3: 26–28.

Paasonen T. Säteilysuojelukoulutuksessa on parannettavaa. Alara 2011; 3: 29–30.

Toroi P, Kellaranta A. Röntgentutkimus on pieni riski sikiölle. Alara 2011; 3: 4–6.

Opinnäytteet

Könönen N. Kompressiolevyn aiheuttama eteenpäinsironta mammografian dosimetriassa. Pro Gradu –tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Fysiikan laitos, 2011.

Tiedotteet ja esitteet

Quality control guidance for nuclear medicine equipment. Advice from STUK 1/2010. Helsinki: STUK; 2011.

Hammasröntgentoiminnan laadunvalvonta ja kuvaushuoneen säteilysuojaus. STUK opastaa/Syyskuu 2011. Helsinki: Säteilysuojelukeskus; 2011.

KKTT-laitteen käyttö. STUK opastaa/Lokakuu 2011. Helsinki: Säteilysuojelukeskus; 2011.

Voimajohdot ympäristössämme. Säteily- ja ydinturvallisuuskatsauksia. Helsinki: Säteilysuojelukeskus; 2011.

Varo säteilylähteitä metallikierrätyksessä. Esite. Helsinki: Säteilysuojelukeskus; 2011.

Yleiset ohjeet

- ST 1.1 Säteilytoiminnan turvallisuusperusteet, 23.5.2005
- ST 1.3 Säteilylähteiden varoitusmerkinnät, 16.5.2006
- ST 1.4 Säteilyn käyttöorganisaatio, 2.11.2011
- ST 1.5 Säteilyn käytön vapauttaminen turvallisuusluvasta ja ilmoitusvelvollisuudesta, 1.7.1999
- ST 1.6 Säteilyturvallisuus työpaikalla, 10.12.2009
- ST 1.7 Säteilysuojelukoulutus terveydenhuollossa, 17.2.2003
- ST 1.8 Säteilyn käyttöorganisaatiossa toimivien henkilöiden pätevyys ja säteilysuojelukoulutus, 17.2.2012
- ST 1.9 Säteilytoiminta ja säteilymittaukset, 17.3.2008
- ST 1.10 Säteilylähteiden käyttötilojen suunnittelu, 14.7.2011

Sädehoito

- ST 2.1 Sädehoidon turvallisuus, 18.4.2011

Lääketieteellinen röntgentutkimus

- ST 3.1 Hammasröntgentutkimukset terveydenhuollossa, 20.8.2011
- ST 3.2 Mammografialaitteet ja niiden käyttö, 13.8.2001
- ST 3.3 Röntgentutkimukset terveydenhuollossa, 20.3.2006
- ST 3.7 Mammografiaan perustuva rintasyöpäseulonta, 28.3.2001

Teollisuus, tutkimus, opetus ja kaupallinen toiminta

- ST 5.1 Umpilähteiden ja niitä sisältävien laitteiden säteilyturvallisuus, 7.11.2007
- ST 5.2 Tarkastus- ja analyysiröntgenlaitteiden käyttö, 26.9.2008
- ST 5.3 Ionisoivan säteilyn käyttö fysiikan ja kemian opetuksessa, 4.5.2007
- ST 5.4 Säteilylähteiden kauppa, 19.12.2008
- ST 5.6 Säteilyturvallisuus teollisuusradiografiassa, 9.3.2012
- ST 5.7 Radioaktiivisen jätteen ja käytetyn ydinpolttoaineen siirrot, 6.6.2011
- ST 5.8 Säteilylaitteiden asennus-, korjaus- ja huoltotyö, 4.10.2007

Avolähteet ja radioaktiiviset jätteet

- ST 6.1 Säteilyturvallisuus avolähteiden käytössä, 17.3.2008
- ST 6.2 Radioaktiiviset jätteet ja päästöt, 1.7.1999
- ST 6.3 Säteilyn käyttö isotooppilääketieteessä, 18.3.2003

Säteilyannokset ja terveystarkkailu

- ST 7.1 Säteilyaltistuksen seuranta, 2.8.2007
- ST 7.2 Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet, 9.8.2007
- ST 7.3 Sisäisestä säteilystä aiheutuvan annoksen laskeminen, 23.9.2007
- ST 7.4 Annosrekisteri ja tietojen ilmoittaminen, 9.9.2008
- ST 7.5 Säteilytyötä tekevien työntekijöiden terveystarkkailu, 4.5.2007

Eläinlääketiede

- ST 8.1 Säteilyturvallisuus eläinröntgentutkimuksissa, 20.3.2012

Ionisoimaton säteily

- ST 9.1 Solariumlaitteiden säteilyturvallisuusvaatimukset ja valvonta, 1.12.2003
- ST 9.2 Pulssitutkien säteilyturvallisuus, 2.9.2003
- ST 9.3 ULA- ja TV-asemien mastotöiden säteilyturvallisuus, 2.9.2003
- ST 9.4 Yleisöesityksissä käytettävien suuritehoisten laserlaitteistojen säteilyturvallisuus, 28.2.2007

Luonnonsäteily

- ST 12.1 Säteilyturvallisuus luonnonsäteilylle altistavassa toiminnassa, 2.2.2011
- ST 12.2 Rakennusmateriaalien ja tuhkan radioaktiivisuus, 17.12.2010
- ST 12.3 Talousveden radioaktiivisuus, 9.8.1993
- ST 12.4 Säteilyturvallisuus lentotoiminnassa, 20.6.2005

STUK-B sarjan julkaisuja

STUK-B 146 Rantanen E (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2011 .

STUK-B 145 Kainulainen E (toim.). Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta. Vuosiraportti 2011.

STUK-B 144 Okko O (ed.). Implementing nuclear non-proliferation in Finland. Regulatory control, international cooperation and the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty. Annual report 2011.

STUK-B 143 Weltner A (toim.) Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat. Kolmannesvuosiraportti 3/2011.

STUK-B 142 Kainulainen E (toim.) Ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 4/2011.

STUK-B 141 Weltner A (toim.) Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat. Kolmannesvuosiraportti 2/2011.

STUK-B 140 Kainulainen E (toim.) Ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 3/2011.

STUK-B 139 Kainulainen E (toim.) Ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 2/2011.

STUK-B 138 Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management. 4th Finnish National Report as referred to in Article 32 of the Convention.

STUK-B 137 Rantanen E (ed.) Radiation practices. Annual report 2010.

STUK-B 136 Weltner A (toim.) Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat. Kolmannesvuosiraportti 1/2011.

STUK-B 135 Kainulainen E (toim.) Ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 1/2011.

STUK-B 134 Kainulainen E (ed.) Regulatory oversight of nuclear safety in Finland. Annual report 2010.

STUK-B 133 Paasonen T. Terveysturvallisuuden henkilöstön perus- ja jatkokoulutukseen sisältyvä säteilysuojelukoulutus Suomessa 2010.

STUK-B 132 Mustonen R (toim.). Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2010. – Strålningsövervakning av miljön i Finland. Årsrapport 2010. – Surveillance of Environmental Radiation in Finland. Annual Report 2010.

STUK-B 131 Rantanen E (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2010.

STUK-B 130 Weltner A (toim.) Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat. Kolmannesvuosiraportti 3/2010.

STUK-B 129 Kainulainen E (toim.). Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta. Vuosiraportti 2010.

STUK-B 128 Okko O (ed.). Implementing nuclear non-proliferation in Finland. Regulatory control, international cooperation and the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty. Annual report 2010.

STUK-B 127 Kainulainen E (toim.). Ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 4/2010.

STUK-B 126 Kainulainen E (toim.). Ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 3/2010.

STUK-B 125 Weltner A (toim.). Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat. Kolmannesvuosiraportti 2/2010.

STUK-B 124 Kainulainen E (toim.). Ydinturvallisuus. Neljännesvuosiraportti 2/2010.

STUK-B 123 Weltner A (toim.). Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat. Kolmannesvuosiraportti 1/2010.